K'o hsüeh t'ung pao
No longer property of
the Hoover Library
Asia Library
30
92.Q
4
.K75
1961
Nos. 5-12

科学通报

KE XUE TONG BAO

5

一九六一年五月号

科学通报

一九六一年五月号

目　　录

人第一次飞入宇宙空間 …… 1
基本粒子問題的現状 …… И. Е. 塔　姆　11
半导体研究的新途径 …… А. Ф. 約　飛　20
自由基引发的定向聚合 …… 王佛松　22
放射敏感性 …… 朱　潤　26
听覚分析中的时間因素問題 …… 梁之安　32
迅速发展元素地层学是現代地层学的一新方向 …… 趙一陽　36
黑色液态金屬加压成型的現况 …… 孙麟治　40

研究工作报导

黄岩植桔土壤中微量元素的含量及肥效
…… 刘　錚　鄭敏鎡　陈其峯　王国良　宋林芳　42
掌握大豆生育規律　保証大面积稳定增产
…… 中国科学院林業土壤研究所总結大豆丰产經驗組　43
我国南方几种主要水稻土的磷肥施用問題 …… 中国科学院土壤研究所肥料專題組　45

人第一次飞入宇宙空間

1961年4月12日苏联在历史上第一次实現了人到宇宙空間去的飞行。載有苏联宇宙航行員 Ю. А. 加加林的"东方号"宇宙飞船，被发射到了地球卫星軌道。卫星式飞船的重量，不算运載火箭最后一級，是4,725公斤。据整理全部測量材料获得的、經过校正的数据，軌道近地点高度是181公里，远地点高度是327公里，軌道傾角是64度57分。

卫星式飞船在完成了沿軌道的飞行以后，在我国預定地区順利着陆。

苏联人的第一次宇宙飞行，开創了人类直接进入宇宙空間的时代，是文明史上最重大的事件之一。这一飞行的实現，是苏联在征服宇宙空間方面进行的巨大而目标明确的工作計划执行的結果。

宇宙飞行奠基人 К. Э. 齐奥尔科夫斯基曾經預言："人类不会永远停留在地球上，而要努力追求光明和空間，起初他将小心翼翼地迈到大气层之外，以后即将征服太阳附近的整个空間。"他的这一伟大的理想現在正在实現。

征服宇宙空間的决定性步驟

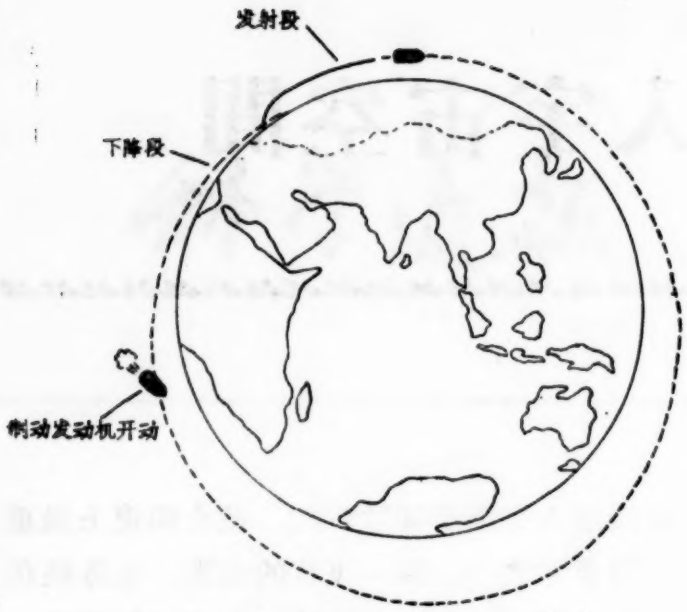
在几千年过程中，人类敏銳的思想已經深入到了宇宙深处。这里体現了人类不可遏止的求知慾，体現了人类認清自己在宇宙中的地位并学会掌握自然規律的愿望。

現代科学拥有大量研究宇宙的手段。这些手段現在所已能达到的距离，必須用天文数字来表示。

宇宙，这就是恆星、星协、星系的世界，而我們的太阳系也处在这个世界中。用辯証唯物主义学說武装起来的先进科学，确認物質高級形式——生命——有可能发展的世界是很多的。宇宙中生命的发生决不是一种例外的現象。除了我們太阳系之外，現在在哪里还存在着生命，它的形式又怎样，要具体地說出来，这还不可能，但生命确实是存在的。

随着人类出現于地球之上，开始了地球作为行星发展中的一个全新的阶段。人类認識了自然規律，在同自然进行的斗爭中用強有力的工具武装起来，开始改变地球。人类从制造第一把石斧的时代进入到了完成极伟大的功勛——第一次飞入宇宙空間——的时代。

人类实現了到宇宙空間去的飞行，直接



"东方号"宇宙飛船飛行路綫示意图

进入了一个新的領域。而任何一次进入新領域，都会带来一些早先往往不能預見的新发現。例如，只有实現了头几个卫星的飞行，才使我們发現了地球輻射带的存在。这一发現大大改变了我們对地球周围空間和宇宙飞行中的輻射危险的概念。

現在还很难充分完整地估价宇宙飞行的全部意义以及由此而展开的前景。然而有一点是肯定无疑的，这就是，人进入宇宙将使我們的知識的疆界无可估量地向前推进，将无可估量地充实科学和文化的內容。

在我們时代，科学技术发展速度是与年俱增的。今天，我們亲眼看到了在15—20年前还不可能想象的成就。今后科学技术的发展，特别是宇宙飞行技术的发展，无疑将会取得越来越快的速度。

应当預期，在最近的将来，就可以利用宇宙装置来解决一系列实际任务。天气預报和冰情偵察、轉播电視和无綫电广播、在地球大气层外进行最广泛的科学考察，这些还只不过是这方面的头几步。以后即将是人飞向月球和太阳系其它行星，建造住人的行星际站，人逐步掌握在宇宙中的生活。而在遙远的将来，实現目前看来近乎幻想的任务——同其它世界建立联系。

在准备和实現人飞入宇宙空間方面，苏联科学家和設計师所面临的大量科学技术問題中，基本問題之一是保証人安全飞行及返回地面所必要的条件。为了解决这一科学技术任务，必須进行大量設計研究和实驗发射。

在討論人的第一次宇宙飞行的各种可能方案时，用卫星式宇宙飞船实現这一飞行被認为是合适的，因为这种飞行可以为人直接打开进入宇宙的道路。乘火箭沿弹道軌道飞行，实質上并非宇宙飞行，其基本目的只是为了聳人听聞，这一方案被摒弃了。因此，苏联科学家和設計师从刚一开始就把自己的力量集中于建造重量和体积巨大的人造卫星和宇宙飞船。这不是偶然的事情。这是苏联发展宇宙飞行的根本路綫。只有这条道路才可以解决人飞入宇宙空間的历史性任务。

从載有实驗动物——小狗"莱伊卡"的苏联第二个人造地球卫星开始到"东方号"卫星式宇宙飞船，苏联科学家和設計师坚定不移地沿着这条道路前进。

在宇宙飞船装置的結构及其攜带的仪器的工作方面，必須获得尽可能多的情报，必須做到各种各样的系統在飞行中的控制是可靠的。建造卫星式宇宙飞船的定向系統和解决飞船返回地面的問題，是一項嶄新的任务。

为了让人乘坐宇宙飞船飞行，还必須保証維持正常压力、温度、空气成分和保証人的生命活动的其它条件。

进行宇宙空間科学考察，在解决宇宙物理学方面嶄新的任务的同时，在宇宙飞行条件下各种各样輻射对活机体的影响以及飞行中流星的危险方面，也提供了必要的材料。

根据已获得的資料，采取了卫星式飞船輻射防护方面的措施。

由于苏联头几个卫星式宇宙飞船飞行結果获得的大量实驗材料，以及保証飞船平安返回地面的各种系統的制成，使苏联科学家和設計师可以着手建造供人飞入宇宙用的飞船。由于大量紧张工作結果，制成了“东方号”宇宙飞船。1961年3月曾經进行了这艘飞船的最后两次检驗性发射。在这两次发射中，駕駛員座椅中放了假人。此外，座艙中还有实驗动物——小狗“小黑”和“小星”。

这两次飞行是按照載有宇宙航行員的飞船的第一次飞行所預定的程序来实現的。两次飞行經过都准确地符合預定程序，并証实了飞船結构和一切系統的高度可靠。

“东方号”卫星式飞船事先周密的演习，保証了它在載有宇宙航行員进行第一次发射时获得完全成功，这次发射是在1961年4月12日实現的。

“東方號”宇宙飛船的結構

苏联的“东方号”宇宙飞船是根据发射第一批卫星式飞船获得的經驗建造的。

卫星式飞船由两个基本部分組成：

第一部分是宇宙航行員乘坐的駕駛員座艙，上面載有保証生命活动的設备和着陆系統。

第二部分是仪器隔艙，用来装載飞船沿軌道飞行时进行工作的仪器和飞船制动发动机装置。

卫星式飞船在进入軌道以后即同运載火箭的最后一級脫离。在其飞行期間，飞船上的各种仪器按照規定的程序工作，保証測量軌道参数，向地面发送遙測情报和宇宙航行員电視影象，同地面进行双方面的无綫电联系，在飞船內維持預定温度的状况，調节駕駛員座艙內的空气。仪器工作是利用飞船上程序装置自动控制的，在必要时也可以由宇宙航行員自己控制。

人的第一次宇宙飞行按原定計划是繞地球飞行一圈。但是卫星式飞船的結构和装备是足以完成更长时間的飞行的。

在飞行計划完成后、开始下降前，由专門的系統进行飞船的定向工作，使飞船轉向規定的方向。随后在軌道的一个預定点上开动制动发动机装置，使飞船速度降低到計算好的必要数值。以后，飞船就轉到了下降軌道上。

宇宙航行員的座艙在大气层中制动。选择下降軌道所遵循的原則是，使飞船在进入稠密的大气层时所产生的超重不大于人所能忍受的超重。在飞船座艙下降到預定高度以后，着陆系統立即开动，从而使駕駛員座艙以低速度直接接触到地面。从制动发动机开动时起到着陆时止，飞船一共飞过了約8,000公里。下降段飞行时間約为30分鈡。

在駕駛員座艙外部复盖有高温防护层，它保护座艙在下降阶段不致在稠密大气层中运动时烧毁。座艙外壳上有三个舷窓和两个快速开启艙門，舷窓上装有耐高温玻璃，使宇宙航行員在整个飞行期間都可以进行观測。

宇宙航行員坐在卫星式飞船中一个可以被弹射的座椅上，座椅是他在飞行中的工作地点。在必要时也可以用座椅使宇宙航行員脫离飞船。座椅是按这样要求安装的：可以

使发射阶段和下降阶段的超重循着最有利的方向（从胸到背）作用于宇宙航行員。

在第一次飞行中，宇宙航行員穿了防护用的宇宙航行服，这种服装即当駕駛員座艙的密封在飞行中遭到破坏时也可以保証宇宙航行員的生命安全，并保持工作能力。

卫星式飞船上装备有：人体的生命活动所必需的仪器和装备（空气調节系統、压力調整系統、食物和水、生命活动排出物的排除系統）、检查飞行的仪器和飞船手操纵系統（駕駛台、仪表板、手操纵部件等）、着陆系統、宇宙航行員同地面联系的无綫电装置、仪器工作数据的自动記录系統、无綫电遙測系統和各种传感器、供地面观察宇宙航行員用的电視系統、記录人的生理机能的仪器、飞船制动发动机装置、定向系統的仪器、飞行操纵仪器、測量軌道参数的无綫电系統、温度調节系統、电源装置。

在飞船的外部还装有操纵机构、定向元件、温度調节系統的百叶窗和无綫电系統的天綫。

卫星式飞船上的駕駛員座艙比飞机上的駕駛員座艙要寬敞得多。在建造座艙装备时考虑到，要使宇宙航行員在飞行期間工作方便，要使宇宙航行員坐在座椅上就能进行在观測、同地面联系、检查飞行和必要时操纵飞船等方面一切必要的操作。

在駕駛員座椅中装有：带有綁系系統的可与座椅分离的靠背，它在弹射时和用降落伞降落时固定駕駛員的身体；降落伞系統；弹射装置和烟火发生装置；随身携带的应急儲备（食物、水和装备）；宇宙航行員在着陆后用来进行联系和測定方向的无綫电装置；宇宙航行服的通风系統和带降落伞的氧气装置；座椅的自动装置。

宇宙航行員可以坐在飞船座艙中着陆。这种着陆方法曾經在苏联第四个和第五个卫星式飞船上检驗过，在这两个飞船座艙中放着試驗动物。宇宙航行員也可以連同座椅在大約 7,000 米的高度上从座艙中弹射出来，用降落伞着陆。这个着陆方法也曾在过去发射的几个卫星式飞船上检驗过。

装在卫星式飞船上的調节系統在駕駛員座艙中維持了正常压力、正常的氧的浓度，而碳酸气浓度不超过 1%，温度維持在 15—22℃ 之間，相对湿度为 30—70%。空气成分的更新——吸收碳酸气、水蒸汽和析出相应数量的氧气，是用高度活泼的化学化合物来实現的。更新过程可以自动調整。在氧的数量減少、碳酸气浓度增大时，专門的传感器就发出信号，执行机构就会根据信号改变更新器的工作状况。在析出的氧气过多时，执行机构又会自动使析出到座艙空气中氧的数量減少。調节空气湿度的方法也大体如此。

如果在人体的生命活动和仪器工作时所放出的有害杂質弄脏了空气，这时专門的过滤装置会恢复空气的清洁。

在飞行中，利用温度調节系統維持飞船内一定的温度。温度調节的一个非常好的特点是，利用温度維持稳定的液体冷却剂把热从宇宙航行員座艙内送到艙外。冷却液从温度調节系統流到液体——气体散热器。通过散热器的空气数量，随着正在飞行的飞船中的温度变化而自动調整。这样，在座艙内就可以高度精确地維持預定的温度。

为了使冷却液保持稳定的温度，并使仪器隔艙中維持必要的温度，隔艙外表有一个带有百叶窗系統的輻射热交换装置，百叶窗也是自动操纵的。

为了能降落到預定地区，卫星式飞船在制动发动机开动前应当使卫星式飞船在空間具有完全确定的定向。这一任务是由定向系統来解决的。在这次飞行中利用了使飞船的一条軸綫朝向太阳的方法来实現定向。这一系統的敏感元件是一系列的光学和陀螺传感器。来自这些传感器的訊号在电子部件中轉換成操纵机构系統的命令。定向系統保証自动寻找太阳，使飞船作出相应轉动，并以高度的精密程度使飞船維持必要的位置。

在飞船定向以后，制动发动机在确定的瞬間开动。开动定向系統、制动发动机和其它系統的命令，是由电子程序装置发出的。

为了測量卫星式飞船軌道参数并检查飞船上仪器的工作，在飞船上装有无綫电測量和无綫电遙測仪器。設在苏联境内的各个地面站負責測量飞船运行参数和接收飞船飞行期間的遙測情报。測量数据沿着联系綫路自动传送到計算中心，在那里利用电子計算机进行整理。結果，在飞行过程中就可以及时获得关于軌道基本参数的情报，并对飞船的进一步运行做出預測。

在飞船上还带有"信号"无綫电系統，其工作頻率为 19.965 兆周。这个系統用来測定飞船方位，并发送部分遙測情报。

电視系統向地面发送宇宙航行員形象，使地面上有可能对其状况进行肉眼观察。一部电視摄影机发送的是駕駛員的正面形象，另一部发送的是側面形象。

宇宙航行員同地面的双方面联系，是用短波（9.019 和 20.006 兆周）和超短波（143.625 兆周）波段工作的无綫电电話系統来保証的。

超短波綫路可以用来同遙隔 1,500 到 2,000 公里以内的地面联絡点进行联系。試驗表明，在大部分軌道上都可以保証用短波綫路同苏联境内的地面联絡点进行联系。

无綫电电話系統本身包含一个磁带录音机，可以录下宇宙航行員在飞行中說的話，以后再重新发出这些話并在飞船飞經各地面接收站上空时发送回来。此外，还为宇宙航行員提供了用无綫电电报发报的可能性。

装在座艙内的仪表板和駕駛台，用来检查飞船上主要系統的工作，在必要时保証用手操纵使飞船下降。在仪表板上装有一系列指針指示器和信号盘、电鈡以及同飞船沿軌道运行同步轉动的地球仪。地球仪使宇宙航行員可以确定当时飞船的位置。在駕駛台上有一些手柄和开关，用来操纵无綫电电話系統的工作，調整座艙内的温度，以及开动手操纵和制动发动机。

在建造宇宙飞船时特别注意了保証飞行安全的問題。苏联头几个卫星式飞船的飞行証实了这些飞船的仪器和装备的工作是高度可靠的。然而在"东方号"飞船上还是采取了一系列补充措施，以消除产生任何意外情况的可能性，并保証人乘坐飞船飞行时的安全。这种設計方針完全符合基本任务——建造使人可以有把握地进入宇宙空間的装置。

为了使飞船能在手操纵情况下定向，宇宙航行員可以利用光学定向器，这种装置可以确定飞船相对于地球的位置。光学定向器装在駕駛員座艙的一个舷窗上。它由两个环形反射鏡、一个滤光器和一片带有十字綫的玻璃組成。来自地平綫的光綫传到第一面反射鏡上，接着經过舷窗玻璃传到第二面反射鏡上，这个反射鏡就使光綫通过带十字綫的玻璃传到宇宙航行員的眼中。在飞船相对于垂直綫的定向是正确的情况下，宇宙航行員就可以在視野中看到环形的地平綫形象。

通过舷窗中心部分，宇宙航行員可以看到位于他下面的一部分地面。飞船縱向軸相对于飞行方向的位置，是用观測地面在定向器視野中"跑动"情况来确定的。

宇宙航行員作用于操縱机构，就可以使飞船轉动到这种程度：使地平綫在定向器中成为同心环的形状，而地面"跑动"方向同十字綫航向标綫是一致的。这就証明飞船定向是正确的。在必要时，定向器視野可以利用滤光器或魚鱗板来关閉。

装在仪表板上的地球仪使宇宙航行員有可能不仅确定当时飞船所处位置，而且可以事先确定在这一瞬間开动制动发动机时飞船将在何处降落。

最后，飞船的結构还可以在制动发动机发生故障不能工作时实現向地面的降落，其方法是利用飞船在大气层中的天然制动。

飞船上的食物、水、空气更新、物质的儲备数量和电源容量，都是按照飞行十昼夜所需的用量来准备的。

当飞船在大气层中逐漸制动減速时，飞船表面要长时間經受高温，在飞船的結构中采取了措施，以防止在高温下座艙內温度高出規定限度。

人飛入宇宙空間的醫學生物學問題

为了解决人飞入宇宙空間可能性問題及其医学保証，必須：

一、研究宇宙飞行因素对机体的影响，以及考察防护这些因素的有害影响的可能形式和方法。

二、研究出保証人在宇宙飞船座艙中正常生命活动条件的最有效方法。

三、研究出从医学观点挑选和訓練宇宙飞船乘务人員的方法，以及在飞行的所有各段上对駕駛員健康状况和工作能力进行不間断的医学监护的系統。

上述問題每一項都包括大量的局部性任务，而为了研究和解决这些任务，生理学、卫生学、心理学、生物学、数学研究和职业医学等方面的专家們进行了十年坚持不懈的工作。研究是在地面实驗室条件下和用动物乘火箭飞行时进行的。利用了生理学和医学的实用部門，特别是航空医学和水下航行医学保証方面积累的丰富經驗。在只要有可能的地方就建造起了专門的地面試驗台，以便能在实驗室条件下考察在宇宙飞行中起作用的因素对机体的影响。超重的作用及机体对其經受能力是用离心机器研究的。这种机器复制了同飞船发射或返回地面时所发生的相类似的加速度。

利用振动台、热室、真空室和其它装置考察了其它因素对机体的作用。然而，实驗室試驗照例只能在上述因素之中的任何一个对机体的作用方面作出回答，而在实际火箭飞行中，这些因素却是結合在一起同时起作用的。此外，在实驗室条件下不可能研究活机体在失重条件下的行动。因此，1951年开始用火箭进行的生物学考察，是研究宇宙飞行条件对机体影响的重大前进步驟。

动物乘坐火箭飞到450公里以內的高空飞行实驗一共进行了几十次。由于这些考察結果获得了說明在飞行的各个不同阶段上动物(狗、兔、大鼠和小鼠)生理系統反应和行动的广泛科学材料。对試驗动物在飞行期間以及在返回地面以后的长时期中进行的詳尽

考察，使我們可以得出結論：活机体可以完全令人滿意地經受住乘火箭到大气高层去的飞行条件。个别生理机能在飞行期間发生的变化，并不具有病变性质，往往还在实驗过程中就消失了，以后也不再出現。

然而，由于火箭飞行时間短暫，未能考察象持續失重和宇宙輻射这样一些宇宙飞行重要因素的生物学作用。因此，1957 年开辟的利用人造地球卫星进行生物学实驗的可能性，是特别重要的前进步驟。

第一次这样的实驗是在苏联第二个人造地球卫星上进行的。它不仅証实了，而且扩大了早先用火箭进行的生物学实驗获得的材料。第一次成功地証明，长期失重状态本身不会破坏基本生命活动过程。

苏联头几个卫星式飞船継續进行了生物学实驗。这些医学生物学考察計划中包括了一系列新問題的解决。除了补充地和更深入地研究长期失重、从失重到超重和从超重到失重的过渡状态对机体的影响以外，尽可能詳尽地考察宇宙輻射的生物学作用，是很重要的。考察在未来的飞行中保証人的正常生命活动条件和平安返回地面的各种系統的工作特点和效能，也是計划的重要組成部分。为了实現預定的計划，在苏联头几个卫星式飞船上装載了有机界具有各种不同代表性的材料，从最簡单的生命形式开始到高等脊椎动物。

在实驗中利用了各种不同的动物和植物，使我們可以特别充分而詳尽地研究宇宙飞行条件对最不同的机体过程和机能的影响。在試驗用的狗在飞行期間的行动和生理机能状况方面获得了极广泛的情报。观察动物的行动是利用专門的电視系統实現的。分析已获得的材料表明，在长期失重作用及随后超重影响的条件下，动物不仅可以完全保持其生命活动，而且在其基本生理机能状况中沒有发現任何病变征兆。在飞行后对动物进行的相当长期而仔細的检查也沒有找出任何偏离正常的情况。

在发現卫星式飞船飞行时宇宙輻射作用的可能效应方面花了极大的力量。为了解决这一問題利用了大量不同的方法，結果并未发現可以認为是电离輻射引起的变异。

卫星式宇宙飞船进行的医学生物学考察結果，使我們可以作出极重要的关鍵性結論。我們認为，乘卫星式飞船沿着显然低于地球周围輻射带的軌道飞行，对高級动物是安全的。生物实驗結果被用来解决人經受飞行条件的問題。

在这个基础上，同时还考虑到实驗室考察的結果，得出了人可以飞行而无損于其健康的結論。

宇宙航行員的訓練

能从事第一次宇宙飞行的人，必須是意識到自己肩負的責任重大，并能自覚自愿地献出自己一切精力和智慧，乃至自己的生命来完成这一杰出功勛的人。成千上万的苏联公民，热爱自己祖国的人們，各种年龄和职业的人們，都表示愿意从事宇宙航行。在苏联科学家面前提出了从大量自愿者之中有科学根据地选拔第一批宇宙航行員的任务。

人在从事宇宙飞行时会遇到一系列外界因素（加速度、失重等等）的影响和神經-情

緒上的高度紧张，它要求宇宙航行員集中他全部精力来对付。在这种情况下，宇宙航行員应保持高度的工作能力，善于在复杂的飞行状况中确定方向，在必要时进行宇宙飞船的操纵。所有这些都对宇宙航行員的健康状况、精神素質、一般的和技术上的訓練水平，提出了很高的要求。

这些品質在飞行員这一行中得到了最充分的結合。飞行員的活动就已經决定了他的神經-情緒方面的稳定和良好的意志坚強的品質，而这对于第一批宇宙飞行是特别重要的。以后参加这种飞行的人的范围无疑会，而且也可能会大大扩大。

在組成宇宙航行員小組时，同大量表示愿意从事宇宙飞行的航行員談了話。对其中最訓練有素的人进行了詳尽的临床医院住院检查和心理学检查。这一检查的目的是：确定健康状况，查明潛在的缺陷或机体对这一飞行所特具的各个因素的抗御能力是否过低，估計人在这些因素作用下的反应。

检查时使用了一系列現代生物化学、生理学、电生理学和心理学方法，使用了一系列可以用以估計机体基本生理系統潛在可能性的专門机能試驗(在空气极其稀薄、气压逐步下降和呼吸高压氧的压力室中进行考察，在离心机中进行考察等等)。

心理学考察是一个重要的阶段，这一考察的目的是找出記忆力最強、最机智、注意力能随时随地极迅速地轉移、能迅速完成准确而协調的动作的人。

根据临床医院住院生理学检查結果組成了一个小組，着手执行专門的学习練习計划，練习是在特制的在地面和飞行条件下模拟宇宙飞行因素的試驗台和練习器上进行的。同时还确定了在机体对模拟因素作用的反应方面的个人特点。

专門学习計划的內容是使宇宙航行員掌握与这一飞行任务有关的基本理論問題方面必要的知識，并使其习慣于使用宇宙飞船座艙中的装备和仪器。这一計划規定要研究火箭和宇宙技术基础、宇宙飞船結构、天文学、地球物理学的专門問題、宇宙医学基础。

整套的专門練习和試驗包括：乘飞机在失重条件下飞行；在宇宙飞船座艙模型和专門的練习器中練习；长时期居留在专門装备的隔音室中；在离心机上試驗(練习)；从飞机上跳伞。

在专門練习过程中解决了保証人的宇宙飞行的某些問題，特别是同宇宙航行員在飞行中飲食、服装和空气更新系統有关的問題。

在乘飞机飞行期間考察了宇宙航行員在失重和从失重向超重过渡的作用下的反应。研究了进行无綫电联系、飲水和进食的可能性等。这些研究对人在宇宙飞行条件下所能起作用的一系列重要的問題提供了答案。

所有选拔出来的宇宙航行員都能很好地經受住失重状态，这一点已得到了确定。此外还表明，在持續40秒鈡以內的失重条件下可以正常食用流質、半流質和硬質食物，完成細致的协調动作（书写、手的有目的的运动），进行无綫电联系、閱讀，以及在空間中目視定向。

在宇宙飞船座艙模型和专門的練习器中进行練习的目的是，研究座艙装备和仪器，制訂各种飞行任务方案，适应在眞正宇宙飞船座艙中的生活。为此建造了专門的練习台，利用电子模拟装置在仪器中复制了同飞行中同类变化相应的实际变化。駕駛員的作用同現实是符合的。还保証了模拟非常（失事）飞行方案和宇宙航行員練习在这种形势

下起作用的可能性。

在长期居留于专門装备的隔音室中进行考察的基本任务是，确定宇宙航行員在长期居留于容积有限的隔离空間中、在外界刺激大大減少的孤独环境中神經——心理上的稳定性。在这方面还創立了与現实飞行时将会发生的相接近的每日作息制度和飲食条件。

广泛的生理学考察以及专門的心理学-生理学方法，使科学家們找出了在完成任务的精确和俐落方面具有較优的成績和在神經-情緒方面比較稳定的人。

在离心机和热室进行的試驗（練习）中确定了宇宙航行員对相应作用的个人經受能力，研究了这些作用在基本生理机能进行过程中的影响，解决了提高机体对制造出来的外界因素的抗御能力的問題。考察結果确定，宇宙航行員們对于上述因素的作用具有良好的抗御能力，找出了比别人能更好地經受住这些試驗的人們。

在跳伞練习过程中，每一位宇宙航行員都进行了几十次跳伞。宇宙航行員小組的体力鍛炼是由計划作业和早操組成的。进行計划作业时考虑到每一位宇宙航行員身体发育的个人特点。早操每天做上一小时，其目的是进行一般体力鍛炼。体育課的目的是提高机体对加速度作用的抗御能力，培养并改善在空間中自由掌握身体的习慣，提高經受长时間体力紧张状态的能力。

体力鍛炼是在經常的医务观察下进行的，包括专門选定的体操、运动、跳水、游泳和专門器械練习。

在完成了专門練习計划以后就着手进行对当前宇宙飞行的直接准备工作。这一准备工作包括：研究飞行任务、着陆区域图、駕駛規程、进行无綫电联系等等；研究应急儲备、在着陆后就地使用这一儲备、研究定位系統等等；穿着宇宙服在离心机上在預期超重数值最大的情况下进行試驗；在宇宙飞船专門模型中长期試驗利用飞船装备的所有各个生命保障系統。

根据已进行的学习練习結果，选拔出了准备从事宇宙空間飞行的宇宙航行員小組。

为了实現世界上第一次人的宇宙飞行，从宇宙航行員小組中选出了飞行員 Ю.А. 加加林少校。

卓越的苏联公民 Ю. А. 加加林1934年誕生于一个集体农庄的农民家庭中。

他长时期以来的理想就是成为飞行員。

Ю. А. 加加林 1957 年毕业于奥伦堡航空学校，掌握了軍事試飞員的专門技能，进入了苏軍部队服务。

由于他的坚决請求，他被列为宇宙航行員候选人，成功地通过了选拔。在宇宙航行員小組訓練中，Ю. А. 加加林是优秀者之一。

世界上第一位宇宙航行員加加林以自己的行动証实，对他的高度信任是完全正确的。

第一次宇宙飛行

“东方号”宇宙飞船是在 1961 年 4 月 12 日莫斯科时間 9 时 07 分起飞的。

在整个发射段，Ю. А. 加加林都同地面飞行指揮中心保持着不間断的无綫电电話联系。宇宙航行員在这一段的自我感覚是良好的。他清楚地記下了超重的变化和运載火箭各級脫离的时刻。飞船座艙中的噪音不超过噴气式飞机座艙中的噪音。还在发射段中，

Ю. А. 加加林就从舷窗中观察了地球。

在沿軌道飞行期間，飞船仪器的工作、飞船的定向和下降，都是自动控制的。然而，在必要情况下，宇宙航行員可以根据自己的愿望或地面的命令用自己的手控制飞船，确定它的位置，并实現在选定地区的降落。

在进入軌道以后，失重状态就到来了。起初，这种状态对宇宙航行員說来是不习慣的，但他很快就掌握住了这种状态。Ю.А. 加加林在整个失重期間的自我感覚是良好的，完全保持了工作能力。

他按照飞行任务和計划观察了飞船装备的工作，同地面保持不間断的电話和电报联系，通过舷窗和光学定向器进行了观察，向地面作了报告，并把观测材料記入航行日志和磁带录音机上，吃了食物，喝了水。

在 300 公里以內的高度上，地面可以看得很清楚。海岸綫、大河、地面起伏、大片森林、云和云的阴影，可以看得十分清楚。在飞經我国領土上空时，Ю. А. 加加林看到了大块大块的集体农庄田地。

天空是黑洞洞的。天上的星星看起来要比地上看到的亮而清晰。地球有一个非常瑰丽的淡蓝色光环。地平綫上的顏色由柔和的淡蓝色經过浅蓝、蓝、紫而融和在天空的黑色中。在飞出阴影时，在地球地平綫上可以看到鮮艳的橘紅色逐漸过渡到虹的全部色彩。

9 时 51 分，飞船自动定向系統开始工作。在飞出阴影以后，它实現了寻找太阳和使飞船对太阳定向的任务。

9 时52分，宇宙航行員 Ю. А. 加加林飞过合恩角，发出了关于自我感覚良好和飞船仪器工作正常的报告。

10 时 15 分，自动程序装置发出了让飞船仪器准备开动制动发动机的命令。这一瞬間飞船正飞近非洲，Ю. А. 加加林发出了关于飞行进程的例行报告。

10时25分，制动发动机开动，飞船从地球卫星軌道轉到了下降軌道。

10 时 35 分，飞船开始进入稠密大气层。

“东方号”卫星式飞船在完成了載有宇宙航行員的世界上第一次宇宙飞行之后，在莫斯科时間10时55分在預定地区着陆。

宇宙航行員 Ю. А. 加加林在宇宙飞行归来以后，感覚情况良好。沒有发現他的健康状况受到任何損害。

苏联宇宙航行員 Ю. А. 加加林乘坐“东方号”卫星式飞船实現了人类历史上第一次到宇宙空間去的飞行。这次飞行使我們可以对人飞入宇宙的实际可能性作出具有重大科学意义的結論。这次飞行表明，人可以正常地經受住宇宙飞行、进入軌道和返回地球表面的条件；在失重条件下，人可以完全保持工作能力、动作的协調和思維的清晰。

这次飞行对宇宙飞船結构和装备在飞行中的工作情况提供了极珍貴的資料。在飞船結构方面的科学技术解决方案的正确性得到了完全証实。运載火箭的可靠性和卫星式飞船結构的完善也得到了証实。

从此我們有了人飞入宇宙的工具。

人到宇宙去的第一次飞行开創了人类历史上的新时代——宇宙时代。

实际实現早先看来是幻想的方案的时候——建造地球外围科学观测站，人到月球、火星、金星和太阳系其它行星去从事宇宙旅行的时候，已經到来了。

人类历史上新的宇宙时代，是人类生活和活动范围无比广大的时代，是人类征服太阳周围宇宙空間的时代。

［文有仁 譯自 1961 年 4 月 25 日苏联“眞理报”］

基本粒子問題的現况

И. Е. 塔　姆

这篇文章的目的是闡述基本粒子問題的現状。它的对象不是核物理专家，而是从事其它科学研究的人。講这个題目，从以下两方面来看是很困难的。首先，現在的材料特别丰富，所謂基本粒子的数目已經达到大約三十种，而新的重要的事实还不断地被发現着。另一方面，物理学这一領域的情况可以說是不令人滿意的，因为到現在还沒有一个完整的、彻底的基本粒子理論。

在这篇文章中，我不准备包括所有的材料，而只集中在我們所知道的主要輪廓上面。我也不准备說明我所引用的一小部分还不十分可靠的实驗数据。

我已經指出了基本粒子数目很多，而在我刚刚开始从事物理学研究的时候，都認为有两个并且只有两个基本粒子是肯定的，它們构成所有的物質，可以說是相当建造世界大廈的两块砖头，这就是电子和質子。当时还認为，所有的物理現象在最后的計算中都只决定于两种类型的力：电磁力和重力。

現在，基本粒子增加到了三十种，并且很难指出基本粒子的严格标准。每个基本粒子都以确定的靜止質量、确定的电荷和自旋等特征来描述。某些粒子是不稳定的，它們之中大多数能自动地进行衰变。把能衰变的粒子認为是复杂的，而仅仅把不衰变的粒子看成是絕对稳定的基本粒子，这似乎很吸引人，但这个标准显然不适用。如所周知，自由的中子衰变为質子、电子和中微子。但如假設質子、电子和中微子存在于中子內部，那就象电子在运动时可以輻射量子（例如与其它粒子碰撞时）而就認为光量子存在于电子內部的看法一样荒謬。毫无疑問，就象光量子是在电子輻射时产生一样，質子、电子和中微子只是在中子衰变时才产生的。

現在有一些不同的看法，都試图选择一些数量不大的"眞正基本"的粒子，并由之构成所有其它的粒子。但是在这問題上还沒有任何肯定的結果。所有不能确切地証明是由其他的粒子构成的粒子暫时被称为"基本的"。所以，实际上这是某种假定的术語。

基本粒子問題复杂性的第二个原因是和現代量子論的基本困难紧密地联系着的。

这些困难是什么呢？M. A. 馬尔可夫在不久前发表的論文"論原子論的現状"[1]中指出了这样一个自相矛盾的事实：理論家們感到理論物理学基础的現状非常不能令人滿

[1] "Вопросы философии", 1960 № 4.

意，可是却沒有一个实驗事实与現代的理論相矛盾。一个也沒有！

而更多的是，很多最重要的事实被理論所正确地預言了。例如 π-介子本身的存在以及它的性質——贗标性、中性介子衰变成两个 γ-量子、它的寿命等等。某些相应于理論上高級近似的，最微小的效应，在定性与定量上都与理論完全符合。这些效应与理論具体的內容有关，例如所謂的氫原子能級的輻射分裂、对电子磁矩的輻射校正等等。

这一切表明，在現代理論中无疑有一个健全的核心。但現代相对論的（我強調是相对論的）量子理論却完全指出了令人不滿意之处。在非相对論的量子理論中一切都是絕对地清楚、严密和彻底。相反，如果我們用相对論的（就是考虑到相对論的要求）量子論計算任何一个物理量的值（例如粒子相互作用的能量、光譜綫的位置等等），則照例一定会在計算結果中荒謬地得到无穷大。

这个事实的原因部分在于特殊的量子效应，部分則与基本粒子是質点的假設相联系。例如点电荷电場的位能与离开此电荷距离成反比，并且当趋近于电荷时，它趋向无穷大。看来，由此只能得出这样的結論：粒子（例如电子）不可能是点的，而是有大小的，也就是具有有限的大小。这样，它們的場也将是到处有限的。在非相对論理論中，把电子当作坚硬的小球。但按照相对論，絕对坚硬的物体根本不可能存在，因为力学作用在这些物体中的传播是瞬时的，而实际上任何物理作用的传播速度都不可能超过光速。因而，如果把电子看成是有大小的，則它应当是可变形的，也就是說它是或多或少带有复杂的动力学性質的弹性介質。基本粒子概念如此复杂，在原則上是不允許的。

关于无穷大的困难，十三年前，在所謂的重整化方法中得到了解决。依照这个方法，可以从計算結果中所得到的无穷大計算出另一个无穷大量来，而使它們的差是有限的，并等于所观察的量。

虽然这个方法非常巧妙，并且它的某些結果都与实驗出色地相符合，但却遭到了异議。首先，显然存在着那些类型的粒子的相互作用，对这些相互作用重整化方法不适用。此外，重整化方法利用了一些从最后結果中导出的，在原則上不能观察的概念和量，从原則的观点看，单就这一点来說，这种方法的极端人为性就显然不能令人滿意。无論什么时候也不能随意地把不代表現实的概念引入到理論中来。让我們回忆一下，光的理論摆脫掉物質的、但在原則上是不能观察的光的以太概念是如何的不容易。

显然，我們正处在物理学发展新的阶段的前夜。随着人类深入到高能基本粒子及其相互作用与轉化的新的未知的領域里去的时候，那些物理理論方面产生的带有原則性的困难，只能在重新审定和总結物理学的基本概念与观念的基础上得到克服。这个重新审定工作的重要性无論如何将不亚于这世紀初期进行的相对論与量子論的創立工作。

* * *

为了轉入关于基本粒子的現代概念，必須先簡短地叙述一下作为基本粒子分类法基础的一般的物理学原理。

現已知道有三种类型的基本粒子相互作用（如果不算极弱的重力作用，而我也不準备涉及这一作用）：強相互作用、电磁相互作用及所謂弱的或衰变的相互作用。它們相对的強弱决定于表 1 所列的（无因次的量）、它們所对应的作用常数的平方值。

表1 作用类型

作用类型	場的量子	作用常数	作用半径（厘米）
强相互作用（核力）	π-介子 K-介子	$g^2/\hbar c \sim 14$ $g'^2/\hbar c \sim 1$	$\sim 10^{-13}$ $\sim 10^{-14}$
电磁相互作用	光子	$e^2/\hbar c = \frac{1}{137}$	∞
弱（衰变的）相互作用	?	$G^2\frac{M^4C^2}{\hbar^6} = 1.0\cdot 10^{-10}$	$\sim 10^{-22}$

已經知道，电磁相互作用对应着电磁場；电磁場的量子就是光子。

1934年我首先指出，所有类型的相互作用，也包括核相互作用，都应当对应着确定的場的量子，这些場的量子（类似于电磁場中的光子）可以通过粒子的相互作用来研究。同时我还指出，当时唯一知道的輕粒子（除了光子外）电子和中微子不可能是核力場的量子。第二年，湯川引証了我論文中的結論，不仅預言了作为核力場量子的特殊的粒子——介子的存在，而且正确地估計了它們的質量。現在已經知道有两种形式的相应于強相互作用的量子——π-介子和K-介子。

核力使質子与中子保持在原子核里面。与电磁力不同，这个力具有极其有限的作用半径，这一点非常重要。静电力与粒子間的距离的平方成反比，并且沒有任何确定的作用半径。核力与距离之間关系的指数特征能够确定它們的作用半径，其数量級为10^{-13}厘米。虽然这个力比电磁力要強上千倍（見表1），但它們只是在极小的距离下才表現出来。因此，只是在不久以前，当实驗使我們能深入到原子核内部时，才发現了这个力。

至于第三种相互作用——弱相互作用，則它們要比核力弱10^{11}倍！自然，它們的作用半径也非常小（数量級为10^{-22}厘米）。

关于弱相互作用的場量子問題至今仍是个悬案。它与假設"过渡矢量玻色子"的存在的問題有关。

通常粒子相互作用的規律是通过观察它們的碰撞过程来研究的。可是粒子的弱相互作用是这样少，以至它們引起的碰撞至今只能在两个特殊的情况下观察到。对于弱相互作用的基本知識是从研究粒子的自发衰变得到的，这些粒子的衰变以及原子核的放射性β-衰变都是以弱相互作用来表現的。

基本粒子的相互作用遵守某些严格成立的守恆定律。这首先是能量、动量和角动量守恆定律。电荷与核子荷的守恆定律也是严格的。核子荷是所謂的核子或重子所具有，其中包括質子与中子。核子荷守恆定律保証了核子的稳定性。例如，質子与电子具有相反的电荷，似乎它們可以湮沒或者說是二者都消失并轉化成例如輻射的形式，同时不破坏总电荷守恆定律。但这是永远也不会发生的，因为只有質子才具有必須守恆的核子荷。

表2 精确的守恆定律

(1) 能量与动量	(3) 核子荷(N)
(2) 电荷(e)	(4) 复合反演(?)

最后，显然还有一个精确的守恆定律，在表2里面我記了一个問号，因为迄今它还沒有被实驗完全証实。这就是复合反演定律（由于篇幅关系，我不准备講輕子数守恆問題了）。为了理解复合反演定律的內容，让我們先来看看近似定律（見表3）。

表3 近似的守恆定律

世界⟷反世界(电荷共軛) 鏡象不变性 奇异数守恆	只在弱相互作用中不守恆
同位旋不变性	在弱相互作用与电磁相互作用中不守恆

这些定律中的第一个表明了世界与反世界的等价性。这就是說每个粒子还存在着它的反粒子。反粒子具有与粒子完全相同的質量和自旋，以及数值上相同而符号相反的荷。例如，电子具有負电荷，它的反粒子有相同的質量与自旋并带有正电荷，这就是正电子。带有正的电荷与核子荷的質子所对应的反質子，带有負的电荷与核子荷。中子沒有电荷，但与質子一样有核子荷；相应的具有相同質量的反中子則有相反符号的核子荷。

最重要的是，粒子与其相应的反粒子永远可以彼此湮沒，共同消失，并轉化成例如輻射的形式。其实，在湮沒时任何守恆定律都沒有破坏，因为无論粒子和反粒子的总电荷还是总核子荷都等于零。

反粒子是狄拉克第一个預言的，这是科学史上最出色的預言之一。科学預見的典范被認为是勒威耶和亚当斯关于海王星存在的預言，然而那是关于新的行星，而类似的行星早就已經知道了。反粒子的提出則是如此的异乎寻常，1931 年时才搞清楚了，从狄拉克的电子論中应当得出存在着正电子，而作者本人認为这个結論表示了这理論的不正确性。就在第二年正电子被发現了！

現在几乎所有粒子的反粒子都已經知道了。只有光子和中性的 π-介子两个“例外”，这二个粒子本身就是自己的反粒子。因此当从世界过渡到反世界时什么都沒有改变。

如果不考虑弱相互作用，則世界与反世界就其內在性質来說是相同的。换句話說，如果所有粒子以相应的反粒子代替，則这种“反物質”的性質将与原来的“物質”沒有区别。如果物質与反物質彼此間发生相互作用，就完全是另一回事了。例如現在天文学上正在爭論，某些銀河系是不是由反物質組成的这一問題。当任何的銀河系和这种反銀河系接近时，将发生它們的剧烈的湮沒过程，同时它們的能量与質量将以巨大強度的輻射形式放出来。有人提出过假設說，在天鵝星座有某些类似的現象发生。但是在这問題上是很有分歧的。我只作为基本粒子理論对于天文学的意义的例証提一下它。

現在让我們轉向鏡象不变性定律（在量子論中經常称它为宇称守恆定律）。可以这样来簡单地說明：按照物理現象在鏡子中的映象来观察它們时，則这些“映象的”現象将按照与实际的現象相同的規律进行。另外还可以这样表达：物理現象的規律对于以左手坐标系代替右手坐标系（或者反之）是不变的（須知，当在鏡子中映象时，右手系变成了左手系，左手系变成了右手系）。

虽然这个定律似乎是不証自明的，但 1956 年发現它在弱相互作用中（且仅在弱相互作用中）被破坏。这一破坏表現如下。我們用物体的沿轉动軸方向的动量矩矢量描述任意物体的轉动。然而物体轉动的特性只能确定它的轉动軸，不能算出沿軸的任何方向。因此，为了从沿轉动軸的相反的两个方向中給动量矩矢量选择一个方向，需要一个某种补充条件。这时，在从右手坐标系过渡到左手系或者相反时，矩矢量的条件性的方向一定会变到完全相反的方向。因为右手的与左手的坐标系是平权的，所以在物理現象里，在粒子的条件性的轉动矩矢量的方向和与坐标系的选择沒有任何关系的矢量加速度的方向之間，不可能存在任何的相关性。

然而正是这种相关性在弱相互作用中被发現了。最簡单的例子：放射性 β-衰变放射的电子的自旋（即內轉动矩）多半是与它

們的速度反向的。在右手系中相关性是这样，在左手系中自旋矢量方向相反——順着电子速度的方向。这样，左手系与右手系就不平权了。它們之間就存在着客观的差别(β-电子的自旋与速度間的相关性的特征)。

这一事实是很难置信的，看来它証实了空間的內在的各向异性。在为这种局面寻找出路的各种企图中間，朗道的复合反演的假說无疑是最成功的。他認为：虽然单独地来看世界和反世界等价定律和鏡象不变性定律在弱相互作用中不成立，但是一切物理現象的規律对于复合反演，就是对于与同时由世界过渡到反世界和过渡到鏡象，是不变的。

事实上，实驗表明，平均而言，β-正电子的自旋是与它們的速度反向的，就是說与β-电子的自旋反向。如表4所示，在复合反演时，β-粒子的自旋 S 与速度 V 之間的相关性不改变：电子在右手系中的表現与正电子在左手系中的表現相同。而重要的是，这时电子与正电子(一般而言，粒子与反粒子)是完全平权的；它們有相反符号的电荷，而把其中哪个当作正，哪个当作負都是一回事，这只是术語的問題。这样，如果眞的存在对于复合反演的严格的不变性的話，那就不必談空間的內在的各向异性的問題了。

表4 复合宇称

	右手系	左手系
β-电子	$S \leftarrow$ ---- $\longrightarrow v$	----$\rightarrow S$ $\longrightarrow v$
β-正电子	----$\rightarrow S$ $\longrightarrow v$	$S \leftarrow$ ---- $\longrightarrow v$

对于复合反演不变性的假設是朗道还在实驗上发現宇称不守恆之前就提出来的，現在它已被大量的实驗材料所証实。为了謹慎起見，必須指出，直到現在还不是所有类型的弱相互作用都已經很好地研究过了，正因为如此，我在表2中記了一个問号。

至于表3中后两个近似定律（奇异数守恆和同位旋不变性），我将在后面說到它們。

* * *

現在在这些普遍原理的基础上，我們可以研究基本粒子的分类了。

所有的粒子可以分为显著不同的两类——費米子或有半整自旋的粒子（就是以普朗克常数为单位表示自旋时，自旋位是一个整数加二分之一），和玻色子或有整自旋的粒子（其中包括具有自旋为零的粒子）。費米子与玻色子不同，它遵守包里原則，两个相同的費米子不能处于同一状态下(例如，两个自旋方向相同的电子，在原子中不能处于同一軌道上）。費米子和玻色子的总体各遵守着完全不同的統計学規律：費米子遵守費米統計法，而玻色子遵守玻色統計法。

有沒有引起核力場的核子荷是基本粒子的另一个最重要的表征。所有已知的具有核子荷的粒子的質量，都比任何已知的不具有核子荷的粒子的質量大。至今未能确定，这一差别是否带有原則的性質。但是具有核子荷的粒子通常被称为重子(就是重的粒子)。

我們所知道的全部粒子的数据，除了重子（重子列在表6中），都列在表5中。这些粒子再細分成三类——光子，輕子或輕費米子(中微子、电子和 μ-介子）和传递核作用的玻色子(π-介子和 κ-介子）。

两个粒子——光子和中微子——靜止質量等于零。因此它們只能以光速运动。两个粒子——光子与中性 π-介子——沒有反粒子，更准确地說，它們与自己的反粒子相同。

表5和表6中指明了各种不同粒子的寿

表5 輕 粒 子

		符号	靜止質量*	自旋与統計法	反 粒 子	电荷**	寿命(秒)	奇异数	
輕子	光 子	γ	0	1, 玻色	沒 有	0	∞	0	
	中微子	ν	0	1/2,費米	ν 和 $\tilde{\nu}$	0	∞	0	
	电 子	e	1	1/2,費米	e^-和 e^+(正电子)	±1	∞	0	
	μ-介子	μ	207	1/2,費米	μ^-和 μ^+	±1	$2\cdot10^{-6}$	0	
π-介 子		π	~270	0, 玻色	π^- 和 π^+ π°(沒有 $\tilde{\pi}^\circ$)	±1 0	$2.5\cdot10^{-8}$ $\sim10^{-16}$	0	同位旋三重性
K-介 子		K	~970	0 (?),玻色	K^+ 和 K^- K° 和 K° (共計 14 种形式)	±1 0	$\sim10^{-8}$	±1 ±1	同位旋二重性

* 取电子質量为单位; ** 取質子电荷为单位

表6 重子 (都具有自旋 1/2 和核子荷 ±1)

		符号	靜止質量	反 粒 子	电 荷	寿 命(秒)	奇 异 数	同位旋多重态
核子	質子	P	1836	P 和 $\tilde{P}$	±1	∞	0	双 重 态
	中子	n		n 和 $\tilde{n}$	0	10^3	0	
超 子		$\Lambda_\circ$	2180	$\Lambda_\circ$ 和 $\tilde{\Lambda}_\circ$	0	$3\cdot10^{-10}$	∓1	单 重 态
		Σ	~2300	Σ^+ 和 $\tilde{\Sigma}^+$ Σ^- 和 $\tilde{\Sigma}^-$ Σ° 和 $\tilde{\Sigma}^\circ$	±1 ∓1 0	$\sim10^{-10}$ $\ll10^{-10}$	∓1	三 重 态
		Ξ	~2600	Ξ^- 和 Ξ^+ Ξ° 和 $\tilde{\Xi}^\circ$ (共有 16 种)	∓1 0	10^{-8}—10^{-10} ?	∓2	双 重 态

命(更准确地說,是这类粒子衰变到开始时的一半,平均所需要的时間)。这些数据是就处于自由状态下的粒子說的;在另外条件下,它們的寿命可能是别的值。例如中子在自由状态下衰变,而在原子核里它是稳定的,这是因为自由中子衰变时放出的能量,小于从原子核中取出中子必需的能量。

只有四种稳定的粒子,在自由状态下,它們的寿命是无穷大、这就是光子、中微子、电子和質子。光子和中微子不衰变,因为它們是靜止質量等于零的最輕的粒子,它們不能衰变成任何东西。电子是最輕的带电荷粒子,而質子是最輕的带核子荷的粒子,它們的稳定性是这些荷的守恆定律的結果。

自由的 K°-介子可以处于长寿命的和短寿命的两种不同的状态下。这个非常有趣的事实是帕依斯在理論上所預言的。衰变成两个光子的中性的 π°-介子的寿命比带电 π 介子約短 10^8 倍,这也是在理論上預言了的。

以数 S 表示的所謂"奇异性"也是基本粒

子的重要表征。这个数可以取值 0，±1，±2。在一切作用中，除了弱相互作用，奇异性守恆，就是說，例如，碰撞粒子的奇异数 S 的总和等于碰撞后飞散的粒子的奇异数的总和。$S \neq 0$ 的粒子叫做奇异粒子。属于这类的是仅在比較不久前才发現的粒子——最重的介子（κ-介子）和所有的超子，就是除最輕的重子——核子外的所有的重子。

奇异性守恆解释了奇异粒子的成对产生。例如两个快速的核子碰撞时（$S=0$），Λ-超子和 Σ-超子（$S=-1$）与 κ-介子（$S=+1$）只能在同一过程中一起成对产生。

最后必須指出，可以把相互作用強的粒子（重子、π-介子和 K-介子）分成若干組或同位旋多重态（单态、双重态和三重态）。每一个这样多重态中的全部粒子都具有几乎相同的質量、奇异性和在強相互作用方面完全相同的性質。这种断語的更精确的表达是同位旋不变性定律的內容。限于篇幅，我省略了这一定律的叙述。但作为这种多重态的成員的粒子，无論在弱的还是在电磁的相互作用中，都可以彼此显著地不同；如質子和中子形成同位双重态，而只有質子有电荷。

以上我闡明了基本粒子分类法的基本特征。还有許多更細节的分类方案，其中某些預言了我們尙未发現的新粒子的存在。但是，自然，寻找新粒子的工作在和理論的方案沒有任何联系时，也是必須継續下去的。

应当說，我們已知的粒子是很多的。无疑地，基本粒子物理学的主要任务之一，就是寻得决定着基本粒子"譜"、它們的性質和相互关系的普遍原則。这方面的尝試很多，这里我只探討其中最有趣的、海森堡的工作。

* * *

海森堡是从作为物理現象基础的和可以說是产生所有类型基本粒子的，統一的非綫性旋量場的概念出发的。

为什么恰恰是旋量場呢？問題在于，旋量波函数对应着具有自旋为半数的粒子。具有半整数自旋的粒子叠加可以得到具有整自旋的粒子，而不能相反地进行。与此相类同的是，由旋量場可以得到对应于整自旋粒子的标量場和矢量場，而不能相反地进行。

海森堡設計了非綫性場論，这一理論比普通的自由粒子的量子場綫性理論的內容丰富得多。誠然，在普通的量子理論中計入粒子的相互作用导致到場的非綫性方程。但是海森堡不是从各种不同場的相互作用出发的，而是从用量子化了的（运算子的）旋量波函数 $\psi(x)$ 描述的統一非綫性場出发的。他指出，这个函数的不同的組合（例如二次的或四次的）对应着所有的或者說几乎所有的我們已知的基本粒子。特别是，按照他的理論，π-介子是由一对粒子——核子和反核子組成的。这一对粒子之間的結合能是如此巨大，以致使 π-介子的質量等于电子質量的 270 倍，而一对自由的核子与反核子的質量等于电子質量的 3,700 倍。海森堡根据他的理論所做出的定量估計，确实給出了核子和 π-介子的質量的相互关系，和实驗值相。近

但是必須指出，虽然海森堡得到了許多非常有趣的、給人以希望的定性結果，他的理論的数学基础却至今还处于极令人不滿意的状况，同时他的許多重要的見解还不能認为已經得到了令人信服的論証。因此不是談海森堡的理論，而是談他所建議的，无疑是很誘人的建立新理論的大綱可能更恰当些。

特别是，依照海森堡所拟的途径，能不能克服各种相对論的量子論所面临的基本困难——从理論中排除无穷大，是絕对不清楚

的。湊巧，这一任务对于海森堡的理論正是一个特别的困难，因为我在开头所提到的，通用的（虽然原則上也是不能令人滿意的）重整化方法一般地不能用于这个理論。

海森堡希望通过引入所謂不定度規的方法由他的理論中排除无穷大。这就是說：量子論运用着不同事件的或然率。例如他允許确定在給定的实驗条件下，电子在給定的空間区域里以什么样的或然率出現。或然率是从0到1的整数。在普通的量子論中給以或然率意思的那些量，在不定度規的情况下可以具有負值。由于这个緣故，在計算过程中所产生的无穷大中的某些个具有与平常相反的符号，因而就产生了所有这样的无穷大彼此抵消的可能性。但是无穷大的这种抵消法，和使可以实际观察到的物理事件的或然率只得到正值的这个完全必需的要求是否相容，还远不清楚。今年我自己对这問題进行了許多工作，但我沒得到任何肯定的結果。

应当說，理論物理学家对海森堡理論的态度是起伏不定的。长期以来对它的态度是甚表怀疑的。两年前，曾經激烈反对海森堡理論的以批評才智著名的，非常卓越的科学家包里也同意这理論了。在包里的影响下物理学家的态度也改变了。后来，包里又回到了以前的立場，并且現在海森堡的理論在大多数理論家那里并不受特别的欢迎。可是我認为这个理論是非常有趣的，虽然，我要重說一次，实質上它还絕不是什么完整的理論，而只是給出了一个建立新理論的大綱。

我想指出，1958年包里在美国作关于海森堡的理論的报告时，出席听报告的波尔曾指出："对新理論說来，海森堡的理論还是不够瘋狂！"当然，这时不能把术語"瘋狂"理解成新理論将是不一貫的和不合乎邏輯的。恰恰相反，它必須是无可責难地一貫与合乎邏輯，而它的"瘋狂"仅仅在于它的思想的新奇和引起似是而非印象的不习慣。須知相对論和量子論在当时也似乎是"瘋狂"的！完全可能，海森堡理論中的"瘋狂性"——不定度規和負或然率——对于建立新的基本理論来講，眞的是不很治本的，和不足的。

現在，让我們轉向寻找新理論的另外的方向。我認为根本上重审我們的应用于极小范围的空間-时間概念的試图是最基本的方向。門捷尔斯达姆更着重指出，在这些范围内，普通的以尺度量的距离概念和以时鈡度量的时間概念都不适用了。1947年，薩伊捷尔提出了导致空間的不連續性、空間和时間量子化的方法。

海森堡在三十年代里曾进行了关于类似晶格焦点的联合整体的現实空間的可能的不連續性問題的研究，他指望通过这条道路，排除現代理論中产生的一切发散（就是无穷大量）。但是他后来放弃了这种思想，因为它导致了物理学基本原理之一——空間的各向同性的破坏。薩伊捷尔指出，量子化了的空間，就是座标彼此間不相对易空間，是不連續的，同时也是各向同性的。可是他的工作沒有得到任何发展。

去年在加拿大物理学家哥依什所作的，并为我国的沙彼罗所大大地发展了的研究工作中，研究了由有限个部分組成的不連續的空間，发現在所有可能类型的粒子的弱相互作用中，在此空間中只有那种在自然界中眞正实現着的类型才能实現。其次在这个空間中滿足朗道的复合反演不变性是必需的。然而这还决不是物理理論，而仅仅是建立它的一个可能的路綫的草案，不錯，这个草案是完全滿足波尔对于"瘋狂"程度的要求的。在

这方面只說說下面一个情况就够了：具有有限个部分，具有有羣的性質的空間中，两个正量的和經常是負的！

最后，我要談到現在在理論物理学中占着优势的，所謂譜表象和色散关系的研究这个极有成就的方向，这是理論物理学发展的一个新阶段。它是以研究物理量（例如散射幅度）在以实数值伸延到复数平面时的解析性質为基础的。把复变函数論应用于这些量給出了非常重要的結果。特别是最近通过研究某些复变函数的性質得到了重大的成績。

这一切使我們期待着，在最近的时間內，能够把能量不太高的，例如說十亿电子伏特以下的基本粒子的全部物理协調到一个統一的图画中。但是对于色散理論前途的評价，意見是有分歧的。我認为这种理論在相当的程度上带有唯象的特征：它不深入到基本物理現象（例如粒子的碰撞）的內部过程中去，而是由实驗数据中选择出一系列引入到理論中来的参量值，然后正确地預言比确定这些参量的实驗范围广泛得多的实驗的結果。然而，每当理論所包括的物理現象的領域增加一步时，都需要在理論中引入新的、由实驗上确定的参量。作为代表，例如在色散理論范围內，一般地不能提出关于各种各样的基本粒子和它們的性質被什么样的普遍原理所决定着的問題；这种或那种粒子存在的事实和它的性質在这个理論中被看作是从外界，就是以实驗所給定的东西。这样，色散理論就很类似于連續介質的唯象的电动力学，在这个理論中介質的性質是以从实驗中得来的它的导电率、介电常数和导磁率来描述的，但是在这理論中不提出在电子論和原子論的基础上解释介質的这些性質的任务。因此我認为色散理論的成就（不論是現在的还是将来的）絕沒有解决基本的任务——創立以有限数量的普遍的原理和假設为基础的物理学的新理論。

可是在許多理論家中間也相当广泛地传播着相反的观点。其中許多人希望在深刻地研究作为色散理論基础的普遍原理（相对論不变性，因果性，单一性的要求）时，将会发現这些原理原来是如此的有条件的，以致使在那些必須由实驗中取得的参量值的各种可能的"集合"中，只有数量相当不大的一部分和这些原理相容。自然，如果这种希望被証实了，并且这种可能的"集合"的数量是足够有限的（并且在自然界中实現着的"集合"在实驗的基础上被选出了），那么理論的任务在相当大的程度上是解决了。

如前所述，我不同意这些希望。除了上文所闡述的看法外，我想再提出一个理由。理論的每一个原則上的新阶段都具有消极和积极的两个方面。消极的一面在于限制了以前的物理概念与观念的适用性，积极方面在于以新的物理內容充实了理論。例如量子理論不仅限制了粒子軌道概念的适用性，而且以粒子的波动性或光波的微粒性那样的新观念充实了理論的內容。在色散理論中就只具有消极的方面（例如放弃了粒子和它們的場的任何的微分或积分的运动方程），而沒有引入原則上新的物理內容。

* * *

我力求簡略地闡述了基本粒子所面临着的基本問題。現在还不能預料它們将在什么时候得到解决。但是在这个科学前綫上，有一支庞大的实驗家和理論家的队伍在全世界工作着，可以期望这个时刻就快到来了。

[武尙賢　譯自"苏联科学院通报"1960年第10期，王樹芬、王祝翔校]

半导体研究的新途徑

A. Ф. 約飛

1959 年，是发明晶体管的十周年，全部半导体的研究工作无不与晶体管有关。高純度的鍺及其类似元素的研究以及 p-n 結的研究給我們指出了广闊的远景，而且它們第一次在定量方面使理論与实驗吻合。但是，如果我們說，我們已經对所有的半导体（它們的电阻率从 10^{-4} 到 10^{10} 欧姆厘米，迁移率从 10^{-2} 到 10^{6} 厘米^2/伏·秒，温度上限一直到 4000°，而压力达到 10^{6} 大气压）的物理性能都已經掌握了，这将是过分的夸大。我們离开全面掌握固态半导体的性質还很远，至于液态和气态半导体的性質，那就更差了。

半导体应用的領域在不断扩大。在这新的十年里，研究任务大概会偏重于动力問題，应用新的材料，掌握和研究它們新的特性。

譬如，我們以热电方面的問題作为例子。

首先，它与无綫电上应用的簡单单晶不同，在热电方面的研究中，我們是用复杂的化合物，因此就产生了晶体化学結构和物理特性之間的相互关系問題。換句話說，半导体的物理与它的化学越加靠近了。应当搞清楚，在什么样的化学基础上产生了能带的复杂結构，什么因素可以促使有效質量变大。对一个良好的热电元件来說，是需要有一个大的有效質量值的。

其次，热电元件的研究工作使我們接触到高温。因为热源的温度从 600°K 变到 1200°K，同样在 $Z = 1\cdot10^{-3}$—$2\cdot10^{-3}$ 1/T° 的条件下，效率可以从 6—10% 提高到 15—24%，而如果温度达到 2000℃ 左右，效率将可能高达 50% 左右，这是一个十分吸引人的数字。

在高温的条件下，声子的数目很多，它們可以抵消掉一些缺陷的影响。电子和声子的自由路程的长度将变得非常短，以致于使这种概念沒有什么物理意义。晶体的周期性开始消失，它們的性質已接近液体。至于液态半导体的研究工作，以前由于对它抱有成見而受到了阻碍，这种成見認为液态半导体是不可能存在的，因为整个半导体理論是从晶体周期性的場的概念出发的！我們認为，在液体里路程的长度将接近于原子的长度，但实驗所得的迁移率值要更大一些，也就是說，路程长度更大一些。可能会想象，晶体熔融后电导率会降低，但实际上它却升高。

在液态半导体里，自由电荷的浓度呈指数上升，浓度的上升与化学計算的組分比例所要求的有差异——所有这一切都与固态半导体的能带很相似。

曾認为金属和合金对热电元件沒有什么意义，但在低温时又是十分令人注意的了。

最后，气态的、部分电离的半导体的問題，也被提到日程上来了。它們与固态半导体的差别仅仅在于它們沒有介带的分裂。

在高温領域里，扩散过程和杂質的性質有很大的意义。也应当很仔細地去研究弹性和塑性形变的影响，材料的热张力和热膨胀。

热电元件的另一个問題是研究两个半导

体之間的边界。它和单晶內部 p-n 結的情况相比較起来，是要复杂得多了，因为 p-n 結两边的原始材料的成分是一样的。

在物理性質的边界或在很陡的梯度处形成了二种物質互相作用的复杂的情况，这是由于这二种物質有着不同的接触电位，不同的能带寬度和結构，不同的导电形式。

半导体的接触电位和金属不同，它和摻入杂質后化学电位的位移有关。

为了使热电元件二部分的边界处开始工作，就不能有电流載流子的任何阻碍，而同时，又要求尽可能不产生扩散。

热导率对热电元件来講具有头等重要的意义，因为热电元件基本上是这样一种器件，它的 80% 的热从热端传导到冷端，而只是剩下的部分在发生器里轉化为电能。可是在冰箱里，热是从冷端传导到热端的。

在詳細研究热导率問題时，我們首先接触到的是声子自由路程的长度問題，而它与热摆动的非协調性的程度、声学和光学摆动支綫的調移条件及晶格周期性的破坏有关。

粗看起来，德拜-拜尔斯公式很簡单，它除了路程长度外，只有热容量和声音速度二个参数。但是現在論及的是超声波的声子的組速度，而不是相速度。后者还比較容易測量。

为了决定組速度，就必須測量整个热摆动譜和这种摆动頻率对于类脉冲的依賴关系。这种数据，到目前为止还只能用計算来获得，而且，它們往往是完全不正确的。

还是在不久以前，借助于中子分析方法得到了鍺和硅的数据。声子的平均組速度与平均相速度之間的差异大約是五倍。因此想預言热导率的企图沒有成功。

同时，在选择热电材料的时候，必須估量它的热导率和热导率对外部参数、原子量、离子鍵的比率，以及热膨胀的依賴关系等。

用在热电元件上的固体合金的热导率和迁移率之間的比例关系，以及有效質量对于温度及其他因素的依賴关系等問題是有很重要的意义的。

由电荷所传导的电导率問題（在这部分电导率里，除了維台曼——弗朗斯定律所决定的部分外，蒸气扩散也起一定的作用），及紅外綫光子的热传导問題，也更复杂化了。

我仅仅列举了几个和热电方面有关的物理問題。但是，除了热电元件外，半导体还可以应用在别的方面，或者其他新的用途。

半导体的特有的机械性能及边界現象，大概会在技术上得到重要的应用。将要出現許多我們还沒有研究过的半导体的新特性。研究工作者将会注意到暫时丢在一边的一些材料。

在其他許多問題中，我現在举出发生在強电介質和鉄氧体里的現象。我想起了已故的朋友 И. В. 庫尔恰托夫和 П. П. 科别庫，是他們把強电介質的物理現象搞清楚的。这里有集中电磁能的新的可能性。

由我另外一个已故的朋友 Я. М. 弗連凱尔所导出的激子概念也有相当重大的意义。

我深信，这些問題的进一步研究和发展，会使我們对半导体的理解更广闊，更深入。半导体历史的头三十年已經結出了丰盛的果实。无綫电技术和測量技术达到了从沒有过的精密程度和多样化。建立了自动化、遙远控制、整流器和光电元件的基础。所有这一切是与利用 p-n 結联系着的。現在已經开辟了热、电、弹力、磁力等能量的相互轉換的道路。掌握太阳能的理想正在实現着。

[孙惠民譯自"苏联科学院通报"
1960 年 第 12 期]

自由基引发的定向聚合

王 佛 松

自从 Ziegler 发現乙烯低压聚合催化系統以来，經 Natta 及其学派的发展，高分子化学的一个新的領域——合成結构規整的聚合物，得到了巨大的进展。Natta 及其学派的工作，导致了一个新的聚合方法——定向聚合的发現及应用。

最先用于定向聚合的催化系統是从典型的 Ziegler 催化剂中选出来的，它是烷基鋁及Ⅳ—Ⅷ族过渡金属的低价盐类組成的多相体系。以后发現，除去上述催化系統之外，其他一些催化系統，如所謂"Phillips"的氧化物催化剂，也是二烯及 α-烯类的定向聚合催化剂；某些金属有机化合物，如鋰及鎂的有机化合物能使二烯类单体聚合生成高順式或反式 1，4 及 3，4 或 1，2 加成的聚合物，而一些极性单体，在此情况下則生成高度結晶的全同立构聚合物。所有上述系統所引发的聚合，不是非均相的就是按阴离子机理进行的催化过程。只是最近研究結果才表明，某些自由基引发的聚合，也能使一些极性单体生成高度規整的聚合物。

本文企图总結一下有关这方面的工作，并对定向聚合的必要条件提出一些看法。

晶道聚合

一般而言，自由基引发的聚合并不导致生成空間規整的聚合物。然而不久前发現的晶道聚合表明，在某些特定的条件下，自由基引发的聚合也能导致获得定向聚合物。早在 1951 年，Schlenk 曾經証明，尿素能与一系列的烷烴或不飽和化合物生成晶道化合物，其中烷烴分子位于由尿素組成的晶道中，且形成有序排列，如图 1 所示。

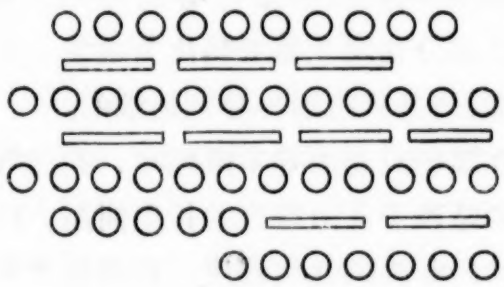


图 1 晶道化合物示意图

○—組成晶道化合物的主要物质(尿素)

▭—其他組份(碳氫化合物或单体)

Clasen 証明，将 2,3- 二甲基丁二烯 -1,3 与硫脲組成的如上的晶道化合物，于室温下放置两个月，然后再在 50℃ 时放置至恆重，发現晶道化合物的結构并未破坏。若用水洗去硫脲，即可得片状的不溶的聚合物。这一聚合物是結晶的，且由反式 -1,4 鏈节构成。上述作者用晶道聚合的方法合成了 13 种单体的聚合物（作者沒有說明单体及聚合物的性质）。与上述方法相似，氯乙烯与硫脲組成的晶道化合物，也能在高能輻射作用下聚合而成高度結晶的間同立构聚合物。他如丁二烯等单体，也都能用此法合成規整的聚合

物。最近，White 与 Brown 等研究了十多种单体与硫脲或尿素組成的晶道化合物在高能輻射作用下的晶道聚合。研究結果表明，应用晶道聚合的方法可获得高熔点結晶的全反式-1，4 聚丁二烯，2，3-二甲基丁二烯，2，3-二氯丁二烯，1，3-环己二烯，一氧环己二烯，間同立构的聚氯乙烯及綫型結晶的聚丙烯腈。异丁烯、偏氯乙烯及丙烯醛虽能聚合，但只能生成普通的聚合物。不少的单体，如双环庚二烯及环庚二烯等虽能与硫脲組成晶道化合物，但都不能聚合。上述作者所得到的某些結果，列于表 1。

表 1　各种不同单体的晶道聚合

单体名称	主要組成晶道化合物的物	溶剂	聚合物特性	
			結构	熔点 ℃
丁二烯	尿素	甲　醇	100%反式-1,4	147—154
2,3-二甲基丁二烯-1,3	硫脲	丙　酮	100%反式-1,4	250—254
2,3-二氯丁二烯-1,3	硫脲	甲　醇	100%反式-1,4	240—>300
环己二烯-1,3	硫脲	水-丙酮	100%反式-1,4	350—380
氯化环己二烯	硫脲	水-丙酮	—	215—222
氯乙烯	尿素	甲　醇	間同立构	—
丙烯腈	尿素	甲　醇	結晶	—

为了解释晶道聚合的特殊性質，Clansen 提出了如下的聚合机理：即首先是单体与硫脲組成晶道化合物，然后在高能輻射作用下（或其他引发方法下），单体于晶道中进行如图 2 所示的聚合。

然而，必須指出，晶道聚合不是对所有单体均是适合的。一般而論，单体分子的形

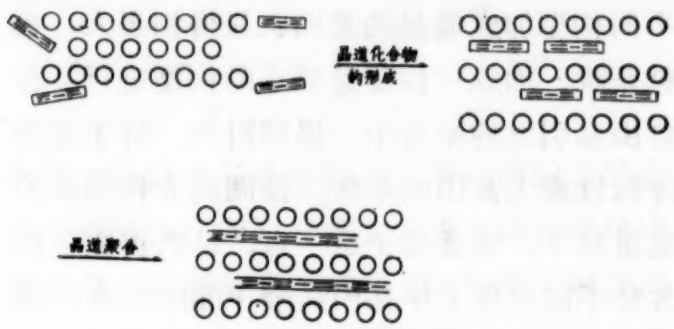


图 2　晶道聚合示意图

状、大小必須与晶道合适，否則将不能組成晶道化合物，当然更談不上进行晶道聚合了。

低温自由基聚合

早已知道，在二烯类的自由基聚合中，改变聚合温度虽对 1,2-与 1,4-鏈节結构比例不起根本的影响，但会大大地改变順式-，反式-1，4 鏈节的比例。随着温度的降低，可以大大提高反式-1，4 鏈节在聚合物中的相对含量。对丁二烯来說，当温度降至 −35°，其反式-1,4 的含量可高达 83%，而沒有順式-1，4 鏈节存在。然而，企图用低温自由基聚合的方法合成規整結构的乙烯基类聚合物却沒有成功。只是在不久前，Fox 等才于低温下第一次合成了結晶的聚甲基丙烯酸甲酯。上述作者認为，聚合时能否生成空間規整的聚合物，主要取决于单体按某一构型加至成长着鏈的能量。当温度降低时，按

表 2　聚合温度对聚甲基丙烯酸甲酯結构的影响

聚合温度 ℃	条　件	聚合物的特性
−75	安息香+紫外綫，甲苯	結晶的
−50	安息香+紫外綫，本体	結晶的
−50	安息香+紫外綫，甲苯	結晶的
−30	安息香+紫外綫，本体	結晶的
0	安息香+紫外綫，本体	結晶的
30	安息香+紫外綫，本体	非結晶的
60	本体热聚合	非結晶的
100	本体热聚合	非結晶的

不同构型加成能量的差别就显得相当大，也就是說，加成可按能量較小的构型进行。在自由基引发的聚合中，根据計算，对于某些含极性或大基团的单体，按間同立构加成的能量最小。就是基于这一点，他們研究了在各种不同温度下甲基丙烯酸甲酯的聚合，表2列出所得到的部分結果。

从表2的結果可以看出，温度在0℃以下均能生成結晶的聚合物。經作者測定，結晶的聚合物是間同立构的聚甲基丙烯酸甲酯。

另一个低温自由基定向聚合的实例是Каргин等的工作。他們曾在眞空中将单体及催化剂同时冷凝于玻璃表面（用液态氮冷凝的表面），然后将表面的温度升高，則在一定的温度下(一般为单体的熔点温度附近)单体发生爆炸性的聚合。作者試驗了甲基丙烯酸甲酯、苯乙烯、丙烯腈、甲基丙烯腈及异戊二烯等单体的聚合，应用金属鎂、鋰及汞，氯化鋰、氯化鉈及三氧化鉬等盐类作为催化剂。在研究了聚合物結构之后，发現用上法获得的聚甲基丙烯酸甲酯是結晶的，其軟化温度为50℃，密度1.223克/立方厘米，与用鋰有机化合物为催化剂所获得的全同立构聚合物相同。与此同时，作者用电磁共振的方法，証明反应是自由基型的，即在气相中热的鎂与单体分子生成 $Mg-CH_2-\dot{C}HR$ 自由基，后者即引发聚合。

有絡合剂或极性溶剂存在时的自由基聚合

不久前，Burleigh报导，当用脂肪醛(特别是正丁醛及2-乙基己醛)为溶剂时（溶剂与单体的克分子比为1:1），氯乙烯可經自由基聚合而生成結晶的聚合物。經X-射綫及紅外光譜測定，上述作者認为这一聚合物具有間同立构的結构。Каргин等将无水氯化鋅在甲基丙烯酸甲酯中的飽和溶液，于室温下用紫外光輻照，則上述单体聚合而成全同立构的聚合物。为了解释这一結果，Каргин等引用了Багодсарьян关于聚合物自由基尾端构型的假設，即它不是平面构型而是強烈压扁的金字塔形，碳原子位于金字塔的上部。这一聚合物自由基尾端与单体形成如下(图3)所示之过渡絡合物：

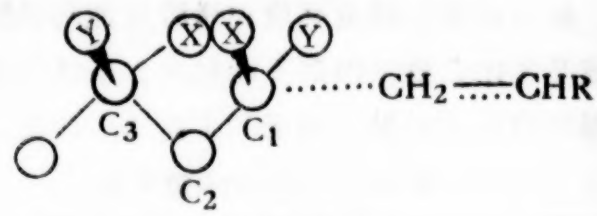


图 3

在如上形式的过渡絡合物中，C_2及C_2以前碳原子的空間构型都已經固定了，而C_1构型的定型是在单体分子加到聚合物自由基时发生。这样很显然，过渡絡合物构型的改变(这种絡合物是由聚合物自由基的尾端与单体分子构成的)，原則上将导至d,l-或d,d-(l,l-)定型可能性的改变，也就是說所有影响过渡絡合物构型的因素，将影响所得聚合物鏈的微观結构。这些因素之一，是在固态单体低温聚合时晶体場的作用。在存在氯化鋅时甲基丙烯酸甲酯的聚合中，由于氯化鋅分子与单体中歧鏈酯基形成絡合物（如图4），定向过程也是与改变及确定过渡絡合物构型，即是与改变和确定活性中心周围邻近

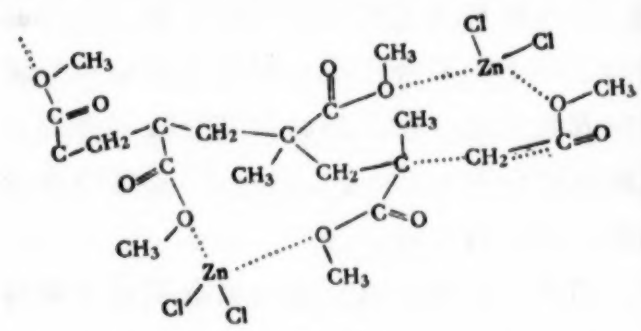


图 4

原子的次序相联系。这样，就使得在自由基的聚合中，甚至沒有低温，也可以实現定向聚合。

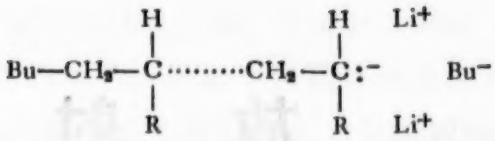
在自由基聚合中，曾研究单体結构对聚合物鏈結构的影响。如 Forlham 等研究了通式为 $CH_2=CHOOCCH_{3-n}X_n$ 的乙烯乙酸酯之聚合(此处 X = Cl或F；n = 0，1，2 或 3)。結果表明，所得聚合物之規整度有如下的次序：

乙烯乙酸酯＜一氯代＜多氯代＜三氟代乙烯乙酸酯。

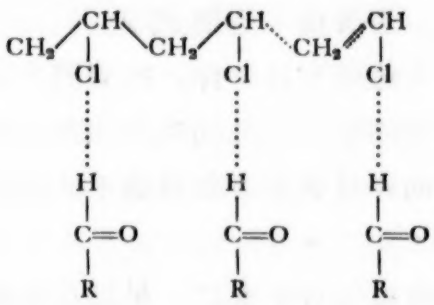
只是在三氟代乙烯乙酸酯的情形下，才生成眞正結晶的聚合物，但其規整的鏈段也很小。即是說在研究的条件下，取代基的影响是有限的。

結　　語

从上面簡短的总結可以看出，在一定的条件下，自由基引发的聚合也能导致生成結构規整的聚合物，甚至是全同立构的聚合物。这一結果說明了，对定向聚合而言，曾經認为是必要条件之一——存在固相，并不是完全必要的；同时也不一定只有按阴离子或配位-阴离子机理进行的聚合，才能导致生成空間規整的聚合物。問題的实質似乎是如何使得单体与催化剂(或催化剂組份)形成过渡絡合物，后者一方面能使单体在聚合之前以一定的构型排列，另方面它又能調节单体进入成长着鏈的位置。在典型的 Ziegler 催化剂中，这一絡合物可能就是含有金属——碳桥的不可溶的固体。在均相的鋰或其他金属有机化合物引发之二烯及某些乙烯基类单体的聚合中，根据最近的报导，成长着的鏈端不是一离子对，而是离子四极子，即在聚合过程中生成如下結构的过渡态：



这离子四极子与单体絡合（最后借助于絡合剂或空間改型剂）并調节它进入成长着鏈中的位置。在制备高順式-，反式-聚二烯及高結晶的聚丙烯酸酯时，都按这一方式进行聚合。在本文中談到的有 $ZnCl_2$ 存在时甲基丙烯酸甲酯的聚合，及以脂肪醛为溶剂时氯乙烯的聚合，此时之过渡态可能是有溶剂或 $ZnCl_2$ 参加的絡合物。如在氯乙烯的聚合中，可能借助于氫鍵的形成生成如下的过渡絡合物：



所有这些实例都說明，过渡絡合物的形成是定向聚合必要的前提。只要能生成如上所述之絡合物，聚合过程将可能是定向的。

从以上总結可以看出，到目前为止，自由基引发的定向聚合只是对少数极性单体进行过研究。这些单体的特点是含有极性原子，这类原子(O或Cl)不是能与金属盐类形成絡合物，就是能通过氫鍵的形式与其他化合物(如溶剂)結合。然而必須指出，对于其他一些单体，特别是二烯类单体，由于其含有共軛双鍵，能与一系列的金属盐类或其他化合物生成絡合物，因此也有可能利用絡合物的生成以調节鏈成长过程，使能生成高順式或反式 -1，4 的聚合物。总之，自由基引发的定向聚合是一个新課題，有待进一步的研究。

放射敏感性

朱潤

一

处于不同演化阶段的各种生物机体，对外界环境的不論是物理因素或化学因素的刺激，反应各不相同。它們对各种射綫的反应也是如此，有着很大范围的差异。不仅如此，同种生物的不同个体，或者同个体中的不同組織和細胞，以及同类細胞而在不同的阶段，也同样显示出对射綫的不同程度的敏感性。

放射敏感性这一术語，虽然在放射生物学和放射医学上早已广泛使用，但是由于生物机体或細胞組織对放射的敏感或不敏感是凭借生物学反应来确定的，用不同的方法从不同的角度来观察放射效应，对放射敏感性很自然的就会有不同的理解，因此，很难給放射敏感性这一术語作一个簡单明瞭的解說。例如有尾两栖类的卵需要600,000伦琴的放射剂量才足以致死，但是25伦琴就能引起一些显明的生物学变化；又如射綫引起神經細胞形态上的变化需要很大的剂量，可是很少剂量就足以引起神經系統生理机能上的一些改变。哺乳动物雌雄性不同的个体，以射綫的致死作用来說，雌性个体的敏感性略低于雄性，或二者沒有多大差别，但是对它們各自的生殖細胞来說，則引起雄性个体絕育的剂量，大大超过引起雌性个体絕育的剂量。

由于观察技术上的限制，关于生物机体的放射敏感性，到目前为止，显然还不能說是生物机体或細胞組織对放射的生物学效应的完全客观的測定，而只能說是生活物質对一定量放射的不同程度反应的一种主观的和相对的鑑定而已。因此，F. Ellinger (1957) 建議以形态学和生理学上的变化作为放射敏感性測定的标准，并提出放射敏感性的定义为"放射敏感性系代表細胞組織以至整个生物机体对于一定的放射剂量的形态和机能上的相应变化"。生物机体作为一个完整的整体来說，尤其是高等动物机体，它們的放射敏感性也应理解为整个有机体的机能表現，理解为遺传性、生理状态，以及与外界条件之間存在着的一定关系。

二

目前一般是以放射后30天内死亡达50%所需的剂量(LD_{50}30天)，作为比較各种生物放射敏感性的标准。可是除了一些实驗室培养的动物和細菌获得較多的資料外，其余种类的 LD_{50} 的数据非常不够。因此，在这方面进行广泛的研究仍是非常迫切的。

一般說来，单細胞生物对放射的敏感性很低，它們的 LD_{50} 大約在5,600伦琴(如大腸杆菌)—350,000伦琴(如纤毛虫类)之間。

由于技术上的方便，应用微生物如大腸杆菌、酵母菌等来研究放射損伤的化学防护和恢复过程的工作比較作得多。纤毛虫类的放射敏感性常和它們的发育阶段及营养状况有关，例如在飢餓时敏感性常增高。

在无脊椎动物方面，有关放射敏感性的知識非常貧乏。除水螅外，腔腸动物的放射敏感性一般都很低。如有一种櫛水母，放射致死的剂量須大至30万伦琴。水螅的敏感性要高得多，如棕水螅經960r的放射伦琴，24小时后它們的触手就呈現萎縮退化；但这也可能是由于水中有过氧化合物的形成，对水螅有毒害作用而引起的。环节虫、軟体动物、节肢动物等的 LD_{50} 在数千至数万伦琴之間。昆虫对放射的敏感性似乎也很低（比单細胞生物略高），可是詳細的資料非常不够，比較詳細研究过的是果蝇。果蝇幼年时期的放射敏感性比成长的个体要高得多。例如3小时的受精卵，它們的 LD_{50} 是200r，4小时的为500r，7.5小时的为810r，蛹期为2,500r，而在成长后可抵抗 Co^{60} 的 γ-射綫64,000r，虽然这种个体完全缺乏生殖的能力。另一种寄生蜂經180,000r放射后反能延长生命，可是雌性个体只需5,000r的放射即完全絕育。近来有些学者企图使用电离放射作为杀虫剂，因为 Co^{60} 或原子能工厂的废物可作充裕的放射源。可是由于昆虫的放射敏感性很低，对人类危害的那些昆虫，要在几天內致死的剂量需在193,000—251,000r間，因此在实践上还不能迅速的展开。

在脊椎动物中，定温动物的 LD_{50} 約为175—1,000r（X射綫），如豚鼠为175—409r，人类为400—500r，猴为500r，小白鼠400—650r，大白鼠为600—800r，鸡为1,000r；变温动物約为670—3,000r，如金魚为670r，青蛙为700r，龟为1,500r，水蜥为3,000r。实驗室飼养的动物，例如不同純系的大白鼠或小白鼠，也显示出不同程度的放射敏感性的差异。即使同一純系品种，在不同实驗室和不同的放射物理条件以及不同的測定剂量方法，所得出的 LD_{50} 也常有出入。在哺乳动物中，冬眠动物如蝙蝠，在实驗条件下，須大至15,000r的剂量的照射，才能縮短它的生命；而上述变温动物中的金魚，它的 LD_{50} 仅达670r，这些都是特殊的例子。

各种高等植物的放射敏感性也同样有数十倍的差异。从它們的种子来說，如百合的种子經2,000r放射后就不再生长了，但白菜和蘿卜的种子虽經64,000r的放射，仍不見有显著的影响；而在有些实驗例中，低剂量的放射（2,000—8,000r）反有促进生长的現象。藻类的放射敏感性也是很低的，因为在太平洋原子弹爆炸后放射性很高的区域中，所有藻类植物仍然非常繁茂，而且很少异常現象。

上述不同生物的放射敏感性具有极大差异的原因，現有的知識很难加以說明。各学者提出种种解释，目前都还未能进一步証实。首先从代謝方面来說，上述哺乳动物和变温动物間的差异，可能是由于变温动物生活在較低温度下的緣故，已經发現蛙类放射病的发展，是随着温度的增高而增剧的。可是鳥类的体温和代謝均比哺乳动物为高，但后者的放射敏感性反而較高，如鴿子的敏感性比成年白鼠小五倍。又豚鼠和白鼠的基本代謝很少不同，但二者的 LD_{50} 几乎相差一倍。其次是生物的放射敏感性和对氰化物的敏感性頗有近似之处，如对氰化物不敏感的一些微生物、腔腸动物和昆虫，对放射也是同样的不敏感；而且也发現对氰化物敏感的

酶系，对放射也同样敏感。因此，首先遭受放射影响的是一些含有重金属(Cu、Fe等)的酶系。

已知无脊椎动物細胞間的渗透压是借氨基酸和一些小肽鏈来平衡的，而脊椎动物則由无机盐离子来平衡的。現在已有很多实驗証明氨基酸对放射損伤具有防护作用，因此无脊椎动物低得多的放射敏感性，似乎可与这些化学上的差异联系起来。有人发現多倍体酵母菌对所有各种放射都比单倍体不敏感。在自然界中，有很多自然誘发的多倍体植物，如茄科、櫻草科、蔷薇科、禾本科等，可惜沒有进行放射敏感性的鑑定。动物的多倍体不容易得到，因此很难希望从染色体的加倍来降低对放射的敏感性。各种动物身材的大小对表面放射（如β射綫）的敏感性有一定的关系，身材小的敏感性較高，可是对穿透放射和內放射則无关。

由于因放射而引起死亡，包含着許多复杂的因素。各类生物的放射敏感性的差异，可能为引起各种放射病如中毒、白血球缺乏、細菌感染、出血、营养机能的破坏等各个不同的特殊敏感性的总和。同时，放射敏感性的差异，对放射損伤恢复的速度也不容忽視，因为平均存活时間在較敏感的动物往往較长。

三

任何羣体，即使是很純的种系，經适量放射后，有的死亡，有的継續活存，这就表明羣体中各个体对放射的敏感性的不同。以各种不同的放射剂量所得到的从0至100%的死亡率曲綫为S形，从刚刚致死以至于完全致死的剂量范围，杂种比純种的要大，說明杂种放射敏感性的个体差异比純种大。个体間对放射死亡虽有显著的差异，可是目前还未能检查出它們之間在組織学的变化上有什么明显区别。

胚胎时期对放射的敏感性和它們的年龄有关，經孵育3—7天的鸡胚，放射后增加早期致死（24小时內）的敏感性；鸡胚孵育至8—10天时照射，則引起死亡的敏感性更高。在以后孵育期中，放射致死的敏感性則稳定在較低的水平。放射对鸡胚生长来說，也是和它們的年龄有关。在孵育早期进行放射，抑止生长的作用較为明显。上述胚胎期敏感性的变化，可能与鸡胚发育的特点有关，即正常鸡胚孵育3—8天期間，細胞分裂的数目減少，虽然氧耗量沒有变化，可是有氧糖酵解过程在这期間有所降低。

从小白鼠的研究，交配后怀孕期間进行放射，則越早期的胚胎，放射敏感性越高。怀孕小白鼠在胚胎植入子宫前时进行放射，則将引起大量的出生前胎儿的死亡，可是很少畸形胎儿的出生。如果放射在胚胎植入子宫后进行，則胎儿死亡率大大降低，但畸形幼鼠大大增加。这里也說明了胎儿的致死敏感性和引起畸形发育的敏感性在各胚胎期是不相同的。又如在怀孕后9天，200r的剂量可使胎儿完全致死，可是在怀孕后第十天放射，所需剂量即須增至400r。这一显著的差别，可能与胚胎的植入子宫和胚胎分化的某些特点相关联。此外，引起骨骼的畸形发育和神經系統发育的破坏是在怀孕后2/3的时期放射的效果最为显著，可是成长后骨骼和神經組織对放射的敏感性是很低的。

一般說来，鸡胚、雛鸡，以及成年鸡的LD_{50}沒有显著的差别。可是哺乳动物則不然，对放射的敏感性以胎儿为最高，幼年时次之，成年时最低。在幼年动物中，据在小

白鼠方面的研究，放射敏感性則又以出生后30天时为最高，而在30天以后，随着年龄的增长，放射敏感性也随之降低。至年龄2—3个月之后的成年动物，对放射的敏感性就很少改变了。上述新生幼鼠（出生后30天以前）的放射敏感性相对的低，可能与哺乳的防护作用有关。此外，一个月的幼鼠，接受700r的剂量，就可抑止骨骼的生长，而在六个月的年龄时，产生同样效应的剂量須增至2,200r，只是幼鼠的恢复过程比成年的鼠快。

有的学者企图从性别来說明放射敏感性的个体差异。其中有些实驗証明小白鼠雌性个体对放射致死的敏感性比雄性的低，約相差50r，可是另一些实驗不能得到同样的結果。現时已証明雌性素对放射有防护作用，上述雌性个体較低的放射敏感性，是否与雌性素有关，目前还未能肯定。个体的体重和放射敏感性的关系，現在还未明瞭，虽然体重小的个体比体重大的个体有敏感性較高的趋向，可是这究竟由于体重还是由于年龄仍未弄清楚。在白鼠上的研究，似乎影响放射敏感性的是年龄而不是体重。可是同年龄的白鼠，如果由于营养的原因而引起体重的差异，那末体重小的对放射比較敏感。因此，体重和年龄与放射敏感性間并不是簡单的关系。

从各种角度来了解放射敏感性个体差异的实質，不論在生物学或医学上都有巨大的意义。这方面的研究，目前还不多，需要更广泛地展开。

四

发現伦琴射綫后，很快就观察到机体各种組織和器官对放射的不同反应。特别是J. Bergonié 和 L. Tribondeau 从老鼠睾丸的研究，总結出"細胞和組織对放射的敏感性和它們的增生活动成正比，而和它們的分化程度成反比"。这一結論奠定了肿瘤放射治疗的基础，除出一些特殊例子外，一般都还适用，得到后来学者們的支持。

一般說来，多細胞生物体內分裂旺盛的組織，对放射都比較敏感。从小白鼠的研究，各种組織細胞分裂过程所需的时間相当恆定，約在20—36分鈡之間。而处于休止期的間期的时間則頗不一致。因此，从分裂指数（分裂細胞和間期細胞的比例）的分析，可以追查出細胞处于間期时期的长短。分析結果說明了分裂指数与处于間期的时間成反比，而組織的放射敏感性則因間期的縮短而增高。可是另一方面，細胞在分裂期間增加对放射的敏感性，因为有許多例外，只能是从一般广泛的意义上来說的。在植物方面，分裂旺盛的小麦幼苗，对射綫抑制生长的作用反有較大的抵抗力；蚕豆根端的放射敏感性并不与細胞分裂前期的数目或进行分裂的細胞核数目有相互关系。在动物中最显著的例子是睾丸中放射敏感性最高的是精原細胞而不是那些大量进行分裂的精母細胞。从肿瘤来說，生长很快的鱗状上皮細胞瘤对放射并不很敏感，可是生长緩慢的基細胞瘤倒是相当敏感的。这种例子很多，因此显然不能单从細胞分裂活动来說明細胞組織的放射敏感性問題。

細胞在分裂过程各个时期的放射敏感性也有很大的差异，至于那一个分裂期最为敏感，則因細胞的不同而异。

細胞在进行分裂时增高放射敏感性，可能与分裂时染色質提供了放射作用的較大表面积有关。有人提出放射能量的吸收和細胞

核染色质的量成正比的关系。此外，細胞在进行分裂时所发生的一系列的理化变化，如粘度、渗透性、导电性、能量供应等的改变，以及核酸和蛋白质的合成及其在核内外的量上的变化，都足以影响放射敏感性的增減。这方面还須进行大量的工作。

一般認为分化程度越高的細胞，对放射的敏感性越低，但这也不能一概而論。例如原始的网織細胞特别能耐受放射作用，可是从网織細胞发育而来的成血細胞倒是非常敏感。高度分化的神經細胞固然放射敏感性較低，可是同样高度分化的多形核白血球却是非常敏感。这里說明在各种情况下，生长和分化影响放射敏感性是許多因素作用的結果。

不同角度的研究，表明細胞代謝的变化也是改变細胞放射敏感性的主要因素。概括的說，增強細胞的代謝常伴有放射敏感性的增高。可是代謝較高的組織，也是生长較快的組織，而生长速度又是与細胞分裂活动相平行的。因此，应用任何物理的或化学的方法来影响細胞代謝，就有可能来改变細胞組織的放射敏感性，这在研究放射伤害的防护以及医学实践上都具有重大意义。

温度对放射作用的影响，可說是代謝速率与放射敏感性相互关系的另一方面。在一定范围内，温度增高，代謝速度也增加，因而增高了放射敏感性。可是温度对放射敏感性的影响，并沒有在所有研究实驗中得到肯定，有的在低温中反而增加放射敏感性。細胞組織放射敏感性的降低，往往由于較低的氧含量所致，这在近年来已經得到进一步的証实。而温度对于血液循环和氧含量有直接的影响，例如哺乳动物新生儿在低温下放射死亡率大大減少，可能就是在低温下呼吸減少，細胞組織的呼吸作用也降低，从而引起低的氧含量的緣故。因此，温度、代謝、氧含量三者間的关系，以及对放射敏感性的影响，需要更深入的研究。

和前述放射敏感性因年龄的不同而影响个体差异一样，从細胞水平来看，年龄的差异也是改变細胞組織放射敏感性的因素之一。年幼的或正在生长中的細胞組織比成年的敏感，衰老的細胞最不敏感。这可从上述生长、代謝和放射敏感性的关系来了解；而且，年輕組織对核酸来說有較高的需求，而放射作用干扰了核酸代謝，因此对放射有較高的敏感性是容易理解的。可是也有例外，临床經驗証明儿童皮肤的放射敏感性一般大于成人皮肤，但是对紫外綫放射就要比成人皮肤为不敏感了；又患恶性肿瘤的儿童，經大量放射治疗后出現的放射病也常比成人少。放射敏感性与性别的关系，从細胞水平上看来，棘皮动物海胆的精子比卵子敏感；雌雄同体的蜗牛，在同一器官中的雄性生殖細胞比雌性的高四倍。可是哺乳动物的生殖細胞恰相反，雌性的比雄性的敏感得多。有人指出两性生殖細胞放射敏感性的差异，可能有多方面的原因，而各处于不同的发育阶段也是主要的因素之一。近年来出現了很多关于生殖細胞在不同发育阶段的放射作用的研究，已作出有关不同发育阶段的精原細胞对放射的詳尽分析。

从上述各方面的实驗研究和临床經驗，不仅各种不同类型細胞的放射敏感性有所不同，即使同一种細胞在不同条件下也表現出不同程度的差异。从构成动物机体的四大組織来說，神經和肌肉組織的放射敏感性比其它二类(上皮和結締組織)低。現将各种細胞基本类型按它們的放射敏感性从高到低順序

排列如下:

1. 淋巴球, 2. 成血細胞, 3. 成髓細胞, 4. 上皮細胞, 5. 內皮細胞, 6. 結締組織細胞, 7. 尿細管細胞, 8. 骨細胞, 9. 神經細胞, 10. 脑細胞, 11. 肌細胞。

上列順序, 完全由观察放射效应时的方法所决定, 大多是根据形态学研究所得的結果。而形态学上的观察是有着某些不可克服的困难的。譬如从細胞的寿命来說, 寿命短的細胞, 放射效应显現得早, 死亡也早, 这种細胞就容易被認为是放射敏感的。与此相反, 寿命长的細胞, 特别是和整个机体寿命相当的神經細胞, 虽然也受到同样的放射影响, 可是需要較长的时間来表現它的变化, 而在这些变化出現之前, 可能由于那些短命細胞的消失而引起机体的死亡。因此, 上述各种类型細胞的放射敏感性, 只具有某种相对的意义。

五

与放射敏感性这一术語相对的是放射抗性。生物机体經受放射后, 对放射敏感性或是放射抗性是否有所改变, 这是一个引人注意的問題。生物一般都有适应的能力。經驗表明, 皮肤对阳光(或紫外綫)的反应因历次照射而逐步減輕。这一現象在上一世紀末就已很科学地被称之为"光适应"。自从射綫被发現后, 很快地就应用于肿瘤的治疗, 从而在放射治疗中也发現肿瘤細胞因放射而降低它們的放射敏感性, 換句話說, 增強放射抗性。又前述美帝国主义在太平洋进行了一系列原子弹爆炸試驗, 在放射性很高的区域, 藻类植物仍甚繁茂, 分析的結果, 发現植物体中过氧化氫酶的含量大大增加。这一事实似乎說明由于原子弹爆炸后, 經強烈的放射, 形成大量的过氧化合物, 而这些藻类对过氧化合物有着酶的适应。肿瘤細胞对放射抗性的增強, 固然增加了放射治疗的困难, 可是从另一角度来看, 如果生物机体或細胞組織对放射确有适应性, 那就有着非常重大的理論和实践的意义。这方面的实驗研究也正在开展中, 較早的实驗是以 β 放射来进行的, 小白鼠的 LD_{50} 45 天是 4,700 rep, 如果預先以 3,000 rep 放射, 再分别在 28 天和 56 天后以一次較大剂量的放射, 則它們的 LD_{50} 增至 8,400 rep。这种預先以适当剂量(一般为較小剂量)一次或分次进行放射, 称为預加剂量, 隔一定时日后再以一次急性放射, 則机体对放射的抵抗有所增強, 这称为获得性放射抗性。近年来这类工作不断継續出現。例如猴子經預加剂量 260 r 后的 20 天再进行放射, LD_{70} 为 623r, 而对照組的猴子, 即不經預加剂量的, 仅为 570r。从形态学的研究也得到同样結果, 即經預加剂量后再經一次較大剂量的放射, 形态学的損伤比沒有經預加剂量的大大減輕。可是这种获得性放射抗性有一定时效。有的实驗表明在預加剂量后超过 30 天, 好象就不会有获得性放射抗性的产生了。这类工作还不很多, 亟需积极展开和深入的研究。

听覚分析中的时間因素問題

·梁 之 安·

关于听覚分析器功能活动的研究，特别是它的周緣部分——耳蝸——功能活动的研究，已經有了很长的历史。差不多在一百年以前，Helmholtz 就提出了有名的共振学說。簡单地說，共振学說認为，听覚分析器(当时主要是指耳蝸而言）是一組各种不同頻率的"共振器"或"滤波器"，含有某些頻率成分的声音在耳蝸只引起相应的共振器共振，根据共振器活动的情况，听覚分析器便能对声音进行分析。由于听覚生理的研究不断的发展，資料陆續积累，共振学說得到了补充和发展，因而在听覚生理中一直被認为是最基本的学說。但另一方面，在共振学說的影响下，較长时間以来，听覚分析器的功能，却被片面地局限在頻率分析上，大部分的研究工作，都集中于解决頻率分析的各个問題。当然，声音的物理特性（一般用声譜表示）包括頻率和強度等参数，頻率分析确实是声音分析中的重要部分。因此共振学說在听覚生理中是有其肯定的价值的。但把听覚分析簡单地归結为頻率的分析或声譜的分析，这是共振学說第一个严重的局限性。在听覚分析功能中，即使是片面地指对頻率的分析，也沒有充分估計到听覚分析器中枢部分的作用，这是共振学說第二个严重的局限性。这些局限性使共振学說不能成为完整的，能說明听覚分析器全部功能活动的学說。单从共振学說出发，或者說从声譜观点出发，听覚分析功能活动中的許多現象，是难于理解的。从这些共振学說解释不了的事实以及近年来一些专門研究[1]的結果看来，共振学說最严重的缺憾，就是忽視了在听覚分析中的时間因素問題。这可从两方面来說明：第一，在听覚分析器功能活动的本身中，除了"共振机轉"以外，还有許多时間特性或"时間机轉"，这些时間特性或机轉，还很少系統地被研究和說明。第二，在声音信号（外界刺激）中頻率和強度等参数不一定是恆定的，而是可以随时間而变的。听覚分析器如何感受和分析声音信号在时間上的变化？这一方面的問題更是沒有很好地被研究和說明（严格地說来，頻率本身就包含有时間的因素，我們这里說声音信号在时間上的变化是指頻率、強度等参数在时間上的变化，如一个頻率过渡到另一頻率的变化等)。

一 听覚分析器功能活动中的一些时間特点

按照巴甫洛夫正确的說法，分析器是一个完整的系統，包括它的周緣部分——感覚器官——和各級中枢。这一系統中的各个部分在分析活动中都起一定的作用，分析功能的完成，是整个系統作用的总和。听覚分析器也是一样，有它的周緣部分——耳蝸——和中枢部分。声音的分析，当然不能只靠一組耳蝸共振器的作用。共振作用是机轉之

一，它能把声音信号中的頻率成分，轉換成在听覚系統的解剖結构关系上一定的“空間构型”，根据不同的“空間构型”，听覚分析器在某种程度上能确定信号中的頻率成分。但单靠这一机轉，即使是对頻率分析而言，也还是很不够的。精确的听覚分析，包括頻率分析在內，还必須靠其他别的机轉，特别是中枢部分的机轉。

近年来 Békésy[2] 用生物物理学方法对耳蝸的出色的研究确定了，起主要共振器作用的耳蝸，其頻率分析能力是很低的。例如 1,000 周左右的頻率，耳蝸的辨别誤差达数十周。而事实上人和动物（主要是指哺乳类动物）却有很高的頻率分析能力，1,000 周左右的頻率，人的辨别誤差只数周。这說明在耳蝸作了較粗糙的頻率分析后，听覚分析器的其他部分——中枢部分还要作进一步的分析，把分析精确化。实驗确定了，耳蝸的分析过程完成得甚快，約在 2 毫秒左右的时間內就完成了。若仅仅考虑耳蝸的共振器作用，則得出的結論必然是：只要声音信号延續作用数毫秒，听覚分析器就能以最大的精确度确定信号的頻率。但我們日常的經驗和許多实驗的結果，却和这个結論不相符合：对頻率分析的精确度与声音信号延續的时間长度极有关系，信号延續愈长，分析精确度愈高。換句話說，在頻率分析的精确化机轉中，时間因素（信号延續长短）起着十分重要的作用。从信息論[3] 的观点来看，这是很容易理解的：信号作用的时間愈长，分析系統得到的信息就愈多，积累的信息愈多，分析自然就愈精确。用所謂心理物理学方法进行的专門实驗[4] 說明，在一定的时間限度——約 100—150 毫秒——內，听覚分析器的神經部分能随着声音信号作用时間的延长，积累由耳蝸传来的关于信号中頻率成分的信息，并将取得信息按一定的統計学規律进行“加工”，因而得出愈来愈精确的分析結果。

信息随信号作用的时間而积累的現象，不仅表現在听覚分析器的頻率分析功能上，同样也表現在強度（声音信号的另一参数）分析功能上。在一定的时間范围——約 100—150 毫秒——內，物理強度不变的声音信号作用时間愈长，其响度（对声音強度的主观感覚）愈大。可見不管是对頻率分析也好，对強度分析也好，信息随时間而积累是一个重要的机轉。換句話說，在听覚分析器的功能活动中，时間因素是一个重要的因素。

时間因素在听覚分析中的重要性，更能从下面一个例子中看出来。当声音信号的強度有緩慢的（如每秒数周）变化时，听覚分析器能感受到信号強度的变化。但当信号的強度变化較快时（如每秒数百周），能感覚到的便不是信号响度的变化，而是音高。假如声音信号是每秒 4,000 周的純音，調幅为 500 周，即強度以每秒 500 周的速度波动，則受試者不能感覚信号的响度变化，而能感覚信号有一接近于每秒 500 周的音高。这时在信号的声譜中根本沒有每秒 500 周的成分，从声譜观点或共振学說的观点上看，这是不可理解的。这一事实說明，听覚分析器对声音信号中某些周期性变化（包括声音本身的頻率在內）的感受和分析，除了利用耳蝸共振器在听覚系統中产生一定的“空間构型”的机轉以外，还可以利用其他机轉。很可能“时間构型”的机轉也可以被利用。在上述实驗中，当信号的調幅达每秒 700—1,000 周或更多时，其相当于調幅頻率的高音特性即消失。每秒 700—1,000次，这数字和神經組織发放冲动的頻率上限十分接近。因此有

理由設想，听覚分析器能利用其中某些元素发放冲动的頻率变化（調頻），即利用某种"时間构型"的机轉，来反映信号中某些周期性的变化，或者說来传递相应的信息。

关于听覚分析器功能活动中的时間特点或"时間机轉"，过去并不是完全沒有被考虑到。事实上在八十多年以前就存在所謂感覚后作用或殘留感覚的理論，認为当刺激停止作用后，对于該刺激的感覚仍殘留若干时間，在这一时間內，新的刺激的感受将受到一定的影响。这是多年来唯一的关于时間特点的理論，可惜它却不能解决有关听覚分析器功能活动中时間特点或时間机轉的許多問題，甚至可以說是大部分的問題。例如用各种心理物理学方法測得的，在听覚系統中感覚后作用能延續的时間頂多不超过数十毫秒，可是当一先一后两个声音信号的时間間隔少于100—150毫秒时，信号的掩盖作用仍能发生；并且是大出意料，不仅前一信号能掩盖后一信号，后一信号也同样能掩盖前一信号。用感覚后作用或殘留感覚的观点，这些事实，特别是后一信号掩盖前一信号的事实，是較难于理解的。

近年来在听覚分析器功能活动中的时間特性問題上收集了不少的資料。这里，我們只想把这一問題提出来，因此沒有必要举更多的例子。总之，許多事实是共振学說所概括不了，說明不了的，因此要求有一新的，完整的，能概括听覚分析器全部功能活动的听覚学說。当然，要建立这一完整的听覚学說，首先必須开展大量的研究工作，特别是关于听覚分析中时間因素作用的研究。

二 声音信号在时間上的变化的感受和分析問題

在实际生活中，人和动物所要遇到的声音信号(外界刺激)很少是刻板不变的；在絕大多数的声音信号中，声音的頻率、強度等特性（参数）都将随时間而变化。人和动物的听覚分析器能否感受和分析声音信号的这些参数在时間上的变化呢？答案应該是肯定的，因为对信号在时間上的变化的感受和分析能力，是人和动物对环境的高度适应能力的基础之一。假如說听覚分析器的生理功能是在于把声音信号中所含有的信息提取出来进行"加工"和利用，那么就不能不考虑到，相当大的一部分信息是包含在信号在时間上的变化过程中的。人对語言声音的感受和辨認就是最明显的例子。語言声音是变化甚多甚快的复杂声音，其中含有大量的信息，而人对語言声音的辨認能力是极高的。很难想象，人的听覚分析器能准确地辨認語言声音，却不能很好地感受和分析声音在时間上的变化。这是不可能的。因此，听覚分析器到底如何感受和分析声音信号在时間上的变化，事实上便成为听覚分析器功能中一个很根本的問題。可是由于种种原因，其中包括技术上的困难，这一根本問題，过去一直沒有得到应有的注意和研究。显然，要解决这个問題，必須要冲破共振学說的框框，因为只从共振学說的观点去考虑，这一問題是永远也不会找到答案的。

人对語言声音准确的辨認能力，說明了声音信号在时間上的变化的感受和分析，是听覚分析器的重要功能。而研究人对語言声音辨認的机轉，反过来无疑地也将促进听覚分析器如何感受和分析声音信号在时間上的变化这一問題的解决。

語言声音辨認机轉的研究，在目前是愈来愈受到重視了。这在另一方面和語言声音

的机械感受和自动辨認研究的現实意义不断在增长是分不开的。由于經济、生产发展的要求愈来愈高，科学技术所能提供的保証愈来愈大，“自动控制”这門新的科学得到了迅速的发展。如何把語言应用于自动控制系統，是一个有很大現实性的問題。不少人在考虑，想設計听覚模式辨認机器（“听話机器”），使它能“听懂”人的語言，首先是感受和辨認語言声音，直接受人的語言控制去完成相应的任务（例如口头翻譯，当然除了翻譯之外还可以作其他类型的工作）。視覚模式辨認机器（“閱讀机器”）的制造問題技术上已經解决，但“听話机器”的制造在技术上却有着特殊的困难。因为和“閱讀机器”不同，“听話机器”要感受和辨認的輸入材料不是刻板的印刷图形，而是在时間上变化极快的語言声音信号。解决这一技术上的問題，可以从很多方面入手。对語言声音的感受和辨認說来，人的听覚系統是一个頗精确的系統，这一系統的許多活动規律和机轉，肯定地都能提供給設計“听話机器”的工作作参考。因此，研究听覚分析器对声音信号在时間上的变化的感受和分析，是有着促进“自动控制”中某些問題的解决的現实意义的。

*　　*　　*

时間因素問題是甚复杂的、牵連甚广的問題，在这里当然不可能全面地詳尽地进行討論。上面仅仅是把听覚分析中时間因素的問題提了出来，举了几个例子，企图說明这一問題的重要性，对今后开展听覚分析器生理学的研究，提供一些参考意見。

当然，时間因素的問題，不是听覚分析器生理学中独有的問題。它是和所有分析器的功能活动都有关連的，只是由于各个分析器在功能和結构上都有自己的特点，因此在各个分析器的功能活动中，时間因素所占的位置和所起的作用便有所不同而已。对听覚分析器說来，外界刺激的“时間构型”特别重要，因此在听覚分析中，时間因素也就特别重要。对运动感覚分析器說来，情况可能更是如此，因为运动感覚分析器的外来刺激（运动感覚感受器所接受的刺激），也是在时間上变化极快的。对視覚分析器說来，則外界刺激的“空間构型”可能比“时間构型”重要一些。对于其他分析器，刺激的“时間构型”可能也不象对听覚分析器那么重要。但不管重要程度如何，各分析器都能够在不同程度上感受和分析外界刺激在时間上的变化，这是用不着怀疑的。

至于說到分析器功能活动本身中的时間特点或“时間机轉”，那么共同性就更大了。可以想象，信息随时間而积累等机轉是每个分析器都能利用的。而利用神經結构发放冲动的調頻来传递不同的信息的机轉，則更是神經系統內部活动中一个有普遍性的規律。

总之，时間因素的問題是生理学中一个有普遍兴趣的問題，对这一問題可以从不同的角度进行研究。但由于听覚分析具有較多的时間特点，因而从听覚分析器的角度来研究时間因素問題，也許能具有較多的有利条件和較多的可能性。

---

[1] Чистович Л. А.: Временные характеристики слуха Докт. дисс., 1958, Ленинград.

[2] Békésy G.: Beitrag zur Frage der Frlquenzanalyse in der Schnecke. Arch. Ohren-Nasen-Kehlkopfheilk, 1955, **167**, 238—255.

[8] Garbor D.: Acoustical quanta and the theory of hearing. Nature. London, 1947, **159**, 591—594.

[4] 契斯托維契　梁之安：频率辨别閾值与声音长短的关系。生理学报，1959，23 卷，4 期，285—294。

迅速發展元素地層學是現代地層學的一新方向

·趙 一 陽·

地层学是地質科学中一門基础学科，也是一門古老的科学。地質学的建立和发展，首先是由于地层学思想的萌芽和其发展的結果。为了地質科学全面大发展，积极发展地层学，具有重大的意义。随着現代科学技术的飞跃发展，迅速发展元素地层学应該是現代地层学的一新方向。

元素地层学的概念、任务与意义

地层学是研究确定地层的生成順序，划分地层的自然組合（地层单位），确定地层单位的地質时代，进行地层的对比，了解地层的地史和地理分布，然后建立起地层系統的一門科学。为了达此目的，过去一般均采用二种途径：一是研究地层中的古生物羣并通过它們来解决地层問題，这就是所謂古生物地层学；另一种是研究地层中的岩石性質并通过它們来解决地层問題，这就是所謂岩性地层学。而元素地层学就是研究地层中的元素并通过它們来解决地层問題。

元素是組成地层的物質基础。地层中賦存有种类繁多的元素，其中具有經济意义的，除了一般的有用元素，如鋁、磷、鉄、錳、銅、鉛、鋅、有机質、鹵素、鎂、鈣等，在地层中富集形成重要的矿产（如鋁土矿、磷灰岩、鉄矿、錳矿、銅矿、鉛鋅矿、煤、油頁岩、石油、盐矿、白云岩、石灰岩、粘土等）外，特别是希有元素在地层中也有广泛的分布。例如，鋁土矿中常含有希有元素鎵、釩、鈾、鋯、鈹、鈦、鈮、鈧、希土等；磷灰岩中常含有希土、釩、鈾、鋯等；石油中常含有鍺、釩等；煤中常含有鍺、鈾、鋰、鎵、希土、鉈、鈧、釩、鈹等；沉积鉄矿（包括鉄質結核）中常含有鍺、鉈、鎵、釩、鈧、希土、硒等；沉积錳矿（包括錳質結核）中常含有鍺、鉈、鎵、希土、鈮等；盐矿中常含有鋰、銣、銫、鉈、鍶、鈮等；砂矿中常含有鈮、鉭、希土、鈦等；某些石灰岩（如含鈾石灰岩、含硒石灰岩等）中常含有鈾、釩、硒、鍶、鈮等；某些粘土及頁岩（如含銅頁岩、碳質頁岩等）中常含有鎵、鍶、硒、鈾、鍺、鈧、鋯、希土、鋰、釩、鍶、銣、銫、鈮等；某些砂岩（如瀝青質砂岩、含鉄砂岩等）中常含有鈾、釩、鋯、硒等；某些千枚岩中常含有鋯等；某些片岩中常含有釩等；某些副片麻岩中常含有希土、釩、鎵等等。

以往当分析技术（如光譜分析、化学分析等）尙未发展的时候，对于地层中的元素及其分布的規律知道得很少。最近由于利用各种分析方法对地层所作的初步工作表明，地层中元素的含量和分布是极不均衡的，但具有一定的地史、地理和地質（包括大地构

造、沉积建造、岩相、岩性等）上的分布的规律性。兹分述如下：

1.元素在地史上的分布规律：

（1）同一元素在不同时代，其丰度不同。例如矽在地史上有两个阶段：第一阶段是元古代和震旦紀，含矽最富；第二阶段是泥盆紀至二迭紀，而侏罗紀以后矽质就很少。又如錳在地史上的分布主要是震旦紀、泥盆紀、二迭紀，新生代以后由于地表作用而再度出現了錳的集中过程。再如鍺在地史上的分布主要是中生代和新生代。一般說来，时代愈新，則有含鍺愈高的趋势。

（2）同一元素在不同时代，其形成的矿石类型不同。例如鉄在前寒武紀，几乎全部形成碧玉鉄质岩矿石和噴出沉积矿石，在古生代至新生代，主要形成海相含水針鉄矿——鲕状綠泥石矿石，在中生代至新生代，主要形成湖沼矿石，而新生代，則主要形成风化壳矿石。

（3）同一元素在不同时代，其形成的矿物种类不同。例如我国石炭紀鋁土矿則以一水硬鋁石为主，二迭紀的則兼产一水硬鋁石和三水鋁石，第三紀的則以三水鋁石为主。

（4）同一岩石在不同时代，其化学成分不同。例如前寒武紀的粘土，其平均化学成分的特征是，MgO 大大地超过 CaO，K_2O 大大地超过 Na_2O，Al_2O_3 和 TiO_2 的含量頗高。古生代的粘土，CaO 增高的很快，而 K_2O 和 Al_2O_3 則有显著的降低。中生代和新生代的粘土，CaO 大大地超过了MgO。自古生代以后，MgO 的含量显著地減少，K_2O 含量減少的很快，而 Na_2O 則有增加。

（5）同一矿产在不同时代，其质量不同。例如煤往往是由老至新，从原始物质成分上，由腐泥煤到腐殖煤；从碳化程度和变质程度上，由深而浅，即由无烟煤、烟煤到褐煤。

（6）同一稳定同位素在不同时代，其比率不同。例如氮的同位素 N_{14} 与 N_{15} 的比率在放射性矿物里，則随其时代的不同而变化。一般 N_{15} 的含量直接与时代成正比，换言之，放射性矿物里的 N_{14}/N_{15} 的比率是随时代的增加而減少的。

2.元素在地理上的分布规律：

我国鋁土矿在石炭紀时大量集中在华北，在二迭紀时，則大量集中在华南。我国的煤矿，总的說来，在石炭紀及二迭紀时，随着时代的变新，成煤区域从內蒙向广东，从北向南迁移；而在中生代时，則完全相反，随着时代的变新，成煤区域从云南向黑龙江、从南向北迁移。而我国磷矿在地理分布上几乎所有时代都集中在西南及揚子江流域一带，而在华北、西北及东北的广大地区上直至目前尙无发現工业的矿床。此外，就世界的磷矿来說，随着地质时代的由老到新，磷矿沉积的主要中心也逐漸地由北向南移动，古生代时多半分布在北緯 55° 与 40° 之間，中生代时就大大南移，南部界綫降至北緯 25° 附近，甚至还更南。新生代时主要的磷矿都位于北緯 40° 至 20° 之間，但較小的磷矿却达到赤道，甚至还达到南半球。

3.元素在地质上的分布规律：

（1）元素的分布与大地构造有关。例如鋁、磷、煤、石油等均大量地聚集于大地构造的稳定单元上，即地台上．而地槽中却很少，甚或沒有。

（2）元素的分布与古地理环境有关。例如鋁、磷、鉄、錳、銅等均大量地聚集于紧靠大型或中型的古隆起区或长期侵蝕区。

（3）元素的分布与地壳运动沉积旋迴有关。例如鋁、磷、鉄、錳等均大量地聚集于

地层中不整合面的附近，并居于海进岩系的下部。

（4）元素的分布与沉积相有关。例如鋁、磷、鉄、錳等均大量地聚集于滨海相或浅海相的沉积中，它們离开海岸的次序是：鋁、鉄、磷等。

（5）元素的分布与岩石性質有关。例如根据一般的規律，磷和鉄的含量常随着岩石粒度的減小而增高，在泥質沉积中，它們又随着碳酸盐物質的富集而降低。錳、釩、鉻、鎳、鈷、銅、鉬、鉛、鈹、鎵的分布也是如此。此外，有机質的富集可促使鎳和釩的含量增加，而对銅的含量增加較少。

（6）元素的分布与矿物有关。例如根据一般的規律，元素K，在所有的粘土中大都賦存于粘土矿物的格架之中。

由上述可知，既然地层中賦存有大量的种类繁多的元素，而且这些元素都有一定的地史、地理和地質上的分布規律性。因此，元素地层学今后的主要任务应該是，查明地层中或某一沉积区、某一大地构造、某一沉积建造、某一岩相、某一岩石、某一矿物中一切元素的种类、組合、含量及其演化規律，以及元素在地史、地理和地質上的分布規律，利用一切可以利用的特征，科学地解决地层問題，或为其他学科直接或間接地提供有价值的資料。

这样一来，元素地层学的重要意义就十分明显了。概括說来，可分以下几点：（1）可以直接指导找矿，特别是可以找出为現代新技术工业所急需的希有元素矿床；（2）利用对地层中元素放射性同位素的測定，可以确定地层的年代，并进而建立起絕对地質年代表；（3）利用对地层中元素稳定同位素丰度及其变异的研究，可以用来对比和划分地层以及測定地层的沉积相（如用 C_{12}/C_{13}）及古地理（指气候、温度等）（如用 O_{16}/O_{18} 及 C_{12}/C_{13}）。同时也可以根据同位素比值的变化而用于对矿产的普查与勘探，例如 N_{14}/N_{15}、S_{32}/S_{34} 可用于对石油的普查与勘探；（4）利用地层中元素的含量、組合和变化的特征，以划分、对比地层，尤其是划分、对比古生物地层学和岩性地层学所无法胜任的地层；（5）利用对地层中元素的习性及其分布的掌握，可以充分地闡明沉积矿产的形成特点、賦存規律及其成因；（6）利用对地层中元素活动的了解，以闡明地質史；（7）利用对地层中元素的分析及其在地史、地理和地質上的分布規律，可以推动和加強沉积岩地球化学和古生物化学等有关的学科；（8）发展元素地层学可以克服地层学中以往一切脫离实际的傾向。例如克服地层学中偏重于古生物的一般描述工作及地层剖面的一般測繪工作等。

元素地层学是新科学技术水平条件下地层学发展的必然趋势

一定的时代，一定的科学技术水平，科学有着一定的使命和內容，也就是說，在不同的时代、不同的科学技术水平下，对科学有着不同的要求。目前我們是处在宇宙航行的时代，在这样一个时代里，新工业对矿物原料的要求就不再是过去的有限的那些金属了，而是多种多样的元素，特别是希有元素。因此大力寻找新工业所必需的元素，就成为我們所有地質工作者义不容辞的任务。

为了查明地层中元素的含量、变化及其在地史、地理和地質上的分布規律，其必要条件是必須作大量的分析工作，其中主要是化学分析、光譜分析、質譜分析、絕对年龄分析，甚至如 X-射綫分析、热差分析，以及电

子显微結构分析等。这些分析工作在过去的科学技术水平下是困难的，甚至認为是深奥莫測的，但現在都已普遍地应用或正在普遍地应用。这就为今后发展元素地层学提供了极大的便利。

在分析技术还不发达以前，对于地层的研究只能是运用古生物地层学和岩性地层学的方法，但是这两种方法都有其局限性，也就是說，古生物并不是到处都有的，而岩石性質也并不是都可作为研究地层的根据的。其次，由于近代对地层中沉积矿产的詳細普查和勘探，这就需要地层愈分愈細，可是在这方面，古生物地层学和岩性地层学有时就表現得无能为力。再次，目前在地层学中迫切需要一个絕对的地質时代的概念，但是应用古生物地层学和岩性地层学所能建立的只是相对的时代。此外，由于現代找矿需要新方法，对許多重要沉积矿产的形成特点和成因的詳細研究，要牵涉到不少地球化学的知識，显然这对于古生物地层学和岩性地层学来說，是无力提供可用的資料的。而另一方面，由于現代石油地質学、海洋地質学、地球化学，以及其他有关学科的高速度发展，无形中大大地推动了地层学的发展，并促使其也来一次大变革。在这种情况下，地层学就势必要寻求一个新的途径，利用地层中元素的含量、变化、种类、組合，以及其在地史、地理和地質上分布的規律来解决这一問題。因此，积极发展元素地层学就成为現代地层学发展的必然趋势了。

結　束　語

元素地层学思想的萌芽，已有十数年的历史了。世界各国地質学家也有过不同程度的工作，但都还沒有把它作为一个学科来提出。因此以往的工作大多是自发的，甚至有时目的性还不十分明确，而我們今天发展元素地层学則有着严整的工作目的、任务、方法、步驟和內容。

元素地层学的发展必然会牵涉到更多的其他学科的知識，如地球化学、分析化学、物理化学、同位素地質学、生物学、土壤学等等。特别是它与地球化学的关系更为密切，但二者是相互补充、相互印証的。

元素地层学的发展并不意味着排斥古生物地层学和岩性地层学。元素地层学只是研究地层学的一个新的途径。为了迅速发展我国地层学，也必須沿着不同的道路齐头并进，然后才能达到最后預期的成果。

我国是世界上的一个大国，幅員辽闊、地层齐全，过去我們已在地层学上作出了不少貢献，相信今后在党的英明領导下，迅速发展元素地层学，必将会作出更多、更大、更好的貢献。

更　正

本刊 1961 年三月号第 51 頁图中的“交綫点”应为“交点綫”；第 54 頁右栏第 3 行的“1,100 米”应为“11,000 米”；第 55 頁右栏倒数第 4 行“重 643.3 公斤”应为“重 643.5 公斤”；第 56 頁右栏最后一行“行际航綫”应为“行星际航綫”，同頁譯者黄燐的“燐”字应为“磷”字。特此更正。

黑色液态金属加压成型的現况

孙 麟 治

黑色冶金和机械制造工业是国民經济中最重要的二大部門，按現有水平来看，在生产过程中还存在着多級性和多环节性的缺点。縮短这些环节，对簡化生产过程，減少投資，減輕劳动量，降低产品成本，将会带来許多好处。

液态金属在压力下成型，就是直接从液态金属制成板材、型材与机械零件的新工艺方法。它的最主要的特点，在于利用压力，以便获得具有較高的尺寸精度、金属密度和不同复杂程度的零件。这也就是液态金属加压成型和一般鑄造的区别。

黑色液态金属压力成型的方法，首先在1937年就由 A. B. 烏里托夫斯基全面探討过。在他的試驗室內，不仅用液态金属初步鑄軋成鉄板，而且用金属模具冲压出一批黑色金属小零件，为这一新工艺的发展奠定了良好的基础。最近二、三十年来，經过其他学者和工程师們的努力，目前已在不同程度上逐漸被生产所采用，并更广泛地进行着研究。

一 液态鑄軋板材

液态鑄軋已极有成效地应用于鑄鉄板的生产方面。目前在苏联已有数十个車間生产0.4—2.0毫米厚的产品，用作屋面板以及在机械制造部門內代替了一部分鋼板。根据1957年的报导，苏联已經在开始設計和制造年产十万吨、厚0.7—2.0毫米、寬1,250毫米的鑄軋鉄板的設备。这种生产方法在地方工业中更为广泛应用。

現代采用的液态鑄軋設备是 A. B. 烏里托夫斯基及 E. Г. 尼古拉因科[2]提供的結构，即鑄造、結晶、压力下焊合成型的复合过程。

根据含碳2.8%、含硅1.3%的鑄軋鉄板的性能看来，它的強度极限达 $\sigma_B = 30—35$ 公斤/毫米^2、延伸率达 $\sigma = 4\%$。鑄軋鉄板經过石墨化退火之后，可以进行热軋和冷軋加工。試驗表明，經过3%压縮量的冷軋之后，就可使鑄軋鉄板的表面获得显著改善；經过20—40%压縮之后，得出的表面不次于冷軋鋼板的表面，并使強度和塑性提高。对于鋼板的鑄軋，目前也已有人进行研究探討，例如可供农业机械、日用品工业、机械制造以及电机制造工业应用的低碳鋼、高碳鋼、硅鋼片、不銹鋼等。这項工艺由于还存在着某些缺点（質量性能及連續生产条件等），目前固然还不能全部代替或排挤現用的生产板材的方法，但是已經可以成为一項与其平行发展的生产工艺，尤其适宜在中小型地方企业推广应用。这样可以使冶金与軋制工艺連成一个簡短的整体，应当認为是符合冶金技术的发展方向的。

二 液态冲压

液态冲压就是将熔融的液态金属浇入金属模具中，在冲头的压力作用下，直接使之

結晶凝固成型以获得机械零件的生产工艺。过去，液态冲压已被广泛地用来生产各种高质量的有色金属和合金制品；至于黑色金属方面，虽然早在1937年就由苏联学者提出，但因当时施加的压力較低，未能全部消除制件中的缺陷，因此未被生产部門重視与采用。到1945年，尤其在1956年至1958年以后，由П. Н. 毕杜拉等人[3]在生产条件下試制成功了一些如带筋的貨車車輪、透平鉆机推力軸承、閥門、鉆头牙輪等高質量的鋼制零件，以及对低塑性材料如鑄鉄零件的研究，得出肯定結果，使黑色金属的液态冲压开始轉入了能为生产服务的阶段。

試驗表明，液态冲压不仅可以在废除浇冒口的条件下避免制件中的縮孔、疏松、气孔等缺陷，而且由于液态金属受到高压力下結晶凝固的影响，使制件的机械性能达到或超过鍛件水平，而使用的压力只仅为模鍛时所需的压力的1/5左右。近年来更发展了在摩擦压力机上进行的半液态金属的冲压和液态金属的冲挤等新方法，使在很多情况下有可能代替固体金属的热模鍛，制造不对称的非圓形零件，获得表面光洁度和尺寸精确度較高的机械零件，避免一部分或全部切削加工。

三　压力鑄造

压力鑄造是通过压射活塞将液态金属压射入金属模內在压力下結晶成型、获得更薄的和更复杂的机械零件的另一种加压成型方法。它与液态冲压的主要区别在于它常常要通过浇鑄系統传递压力，使液态金属在預先閉合的型腔中成型和压紧。

对于黑色金属的压力鑄造，目前也已有一些国家在进行研究。在苏联，曾就压模結构、鋼号、鑄件結构、熔化設备、模具的工件条件和材料、工艺参数对質量的影响等方面得出某些結果。近年来由于发展了真空压力鑄造和变压調速的压射方式，为消除一般压鑄方法中由于高速射入液态金属(0.1—0.2秒)，促使在压鑄件中殘留的气体缺陷，提供了解决办法。在臥式压鑄机上实行变压調速的压射方式时，液态金属能以最小允許的速度沿着压射室流过，慢慢充填入型腔，使压射室內的空气能平靜地从型腔內向外逸出，并使液态金属具有較高的粘度，显著地改善金属液流至模內的运动状态，这就为消除殘留气体提供了良好的条件。当达到最后成型阶段时，再自动地接入高压高速，克服型腔內显著增高的反压力而将鑄件压緻密，以获得高質量的压鑄件。在压力鑄造黑色金属时，这种压射方式不仅在于改善了液流条件，而且可以相应地提高模具的使用寿命。

針对以上这些情况和这种新工艺的优越性，我国有关部門从大跃进以来，即已注意和开展了这方面的研究試驗工作。試驗表明，为了加速这項新工艺的进展，在鑄軋板材方面，还必須在改善成形条件对于板材組織和質量的影响、探討新的工艺規范和創立相应的专門設备等方面进行进一步的研究。而从液态冲压和压力鑄造方面的情况来看，影响这两种工艺广泛应用和順利推广的主要問題是：(1)在冲压和压鑄高熔点合金时的模具使用寿命不很高；(2)液态金属的来源和定量分配問題；(3)专用設备的建立和完善，以及(4)某些基本理論問題，如熔解在金属內的过飽和气体对制件質量的影响、影响制件強度增高的原因、缺陷特征等方面，特别是模具材料和处理办法，还缺乏相应的研究。

研究工作报导

黄岩植桔土壤中微量元素的含量及肥效

刘 錚 鄭敏鎡 陈其峯 王国良 宋林芳

大跃进以来，黄岩地区的柑桔生产連年丰产，取得了巨大的成績。但是由于缺乏某些必需的微量元素，引起桔树发生生理病害，广泛地分布于各种类型的植桔土壤上。

为解决这一問題，爭取柑桔高产再高产，两年来，我們进行了黄岩地区植桔土壤中微量元素含量的测定和微量元素肥效的研究。

初步研究証明，各种生理病害的分布与土壤类型是有一定关系的。黄岩地区植桔土壤主要是高度熟化的园林土壤，可分为山区的紅壤与黄壤(包括少量紫色土)和平原上的冲积土与水稻湿土。后者与水稻土交錯相邻，地下水位約为 60 厘米，排水不良。除山地土壤为酸性反应外，其余均为中性到微碱性反应。在所有土壤上，桔树都存在不同程度的失綠叶斑，平原土壤的桔树存在着黄斑病，山区桔树則有沿叶中脉的条状失綠現象。

对土壤試样进行分析的結果，发現除銅的含量适度外，各类型植桔土壤中的有效态鋅、錳、鉬的含量經常偏低。例如，有效态錳（0.1 N H_2SO_4 提取）在山地土壤中为 5.6—38.1 ppm，水稻湿土为 5.6—250 ppm，但不論含量高低，桔树都存在失綠叶斑和施用錳肥后效果良好的情况，說明了錳尙不能滿足桔树的需要。有效态鋅以冲积土中最少，为 1.7—9.9 ppm；山地土壤中較多，为 7.4—20.7 ppm；水稻湿土中則为 5.0—64.0 ppm。在山地施用鋅后可使失綠叶斑复綠，說明这种土壤中的鋅量不足。各种类型土壤中的含銅量差异不显著，有效态銅皆在 1.1—4.8ppm 之間，与田間观察未发現缺銅症状相符。而有效态鉬的含量則在 0.01—0.16 ppm 之間，均在缺乏范围。其中以冲积土中較多，超过 0.1 ppm，但由于有效态錳也較多，妨碍了柑桔对鉬的摄取，导致桔树出現了缺鉬的症状——黄斑病。

对各类型土壤上的桔叶分析結果，也說明了生理病害的原因和桔叶成分与土壤类型間有相应关系。

反映出土壤类型間差异的桔叶中的微量元素含量，以硼最为显著。山地桔树叶中的含硼量最少，为 12.5—32.7 ppm，在缺硼范围內，說明了在这里施用硼肥增产的可能性；冲积土与水稻湿土上的桔叶含硼較多，为 27.3—98.0 ppm，而且最高含硼量已接近使植物中毒的范围。在各类型土壤上的桔叶中，含錳量均低：山地桔树叶中为 0.4——1.0 ppm，冲积土与水稻湿土上的桔叶为 0.2—1.9 ppm。施用錳肥后，效果显著，桔叶与果实中的含錳量大为增加。此外，不同类型土壤

上的桔叶中，含鋅量和含銅量的差异不显著，前者介于 21.8—39.0 ppm，后者介乎 5.3—30.9 ppm 間。就桔叶中的含鉬量而言，則是极低的，仅为痕迹 —0.06 ppm，皆可視为缺鉬。在黄斑病病叶中，含鉬仅为痕迹；而正常的桔叶含鉬也只为 0.05 ppm 上下。

与此同时，我們还进行了田間試驗，观察微量元素对柑桔保叶、保花、保果、壮果、促进幼树生长和糾正生理病害等方面的作用。

試驗結果証明，在冬季噴施鋅肥和錳肥，可使易于落叶的慢桔冬季落叶大为減少：对照（不施肥）的存叶率为 39.1%，施錳的为 56.4%，施鋅的則为 55.9%，特别是 1959 年春叶的存叶率更高。

当在水稻湿土上以 0.15% 的硼砂溶液在花前期 3 次噴施于本地早和温州蜜柑两个品种的桔树时，温州蜜柑的定果后着果率比对照增加了99%；本地早除一組因选树有差誤，不足作証外，其余各組均有一定效果。而用 0.1% 的硼砂、硫酸鋅、硫酸錳混合溶液分三次噴施于本地早时，定果后的着果率也比对照增加了 11.7%。在幼果期以 0.1% 及 0.4% 的硫酸錳噴施两次，定果后的着果率分别比对照增加了 39% 和 36%；在山地黄壤上于幼果期以 0.1% 及 0.3% 鉬酸鈉溶液噴施两次，着果率比对照增加了 29% 和 33%；同一时期以 0.1% 及 2.4% 的鉬酸鈉溶液两次噴施于水稻湿土上的桔树，着果率也分别比对照增加了 8% 和 11%。这些結果說明，在花前期和幼果期对桔树噴施微量元素硼、錳、鋅、鉬等，都能提高柑桔的着果率，对保花、保果有积极的效用。

此外，在 8—9 月間以不同微量元素对桔树噴施三次的試驗說明，鉬能使果实增大 9% 左右，其他元素的效果則不显著。

去年 4—6 月以錳肥三次噴施于实生树的試驗結果还証明，錳能促进幼树的生长，使当年的春梢平均比对照增长 22%，增长范围为 9—80%。这一观察仍在継續中。

在糾正生理病害方面，在山地噴施硫酸鋅、在平原噴施硫酸鋅和硫酸錳的混合溶液，都能使失綠的桔叶复綠。鉬酸鈉对糾正黄斑病的試驗，由于桔叶脫落而未获肯定結果，今后将継續进行。

从桔实含糖量、含酸量和維生素丙的測定結果可以看出，硼和鋅都能提高桔实的含糖量和降低含酸量，从而提高果实的品質；錳肥的效果不显著；而維生素丙的含量則无显著变化。

掌握大豆生育規律　保証大面积稳定增产

中国科学院林业土壤研究所總結大豆豐產經驗組

爭取大豆大面积丰产，对进一步滿足人民生活和經济建設对大豆的需要，有着重大意义。根据大豆生育不同时期的特殊要求以及土壤-气候条件的变化，进行合理密植，采用适宜的耕作施肥方法和及时田間管理，尽力做到各項措施的合理使用，則是保証大豆稳定丰产的主要手段。

为了探求大豆稳定丰产的規律性和合理

的栽培措施，我們在我国东北有关地区进行了这一方面的研究。現将結果簡报如下。

随着大豆的生长发育，植株体內生理过程不断发生改变，它对环境因子的要求也在陆續轉化。研究結果証明，随着大豆植株形态、营养分配中心以及对环境条件要求的不同，大豆的整个生育过程可以分为五个时期：萌发-幼苗期、分枝期、开花期、結莢-鼓粒期、成熟期。由于大豆生育到成熟期之后，已近衰老，控制生育的效果已不明显，因此，有关这一时期的資料，本文将不述及。

大豆的萌发-幼苗期是自种子萌动至分枝芽形成。这个时期是"蹲苗"扎根的时期，养分分配中心为根系及生长点。如环境条件适宜，則根系生长迅速而地上部分相对地迟緩，幼苗老健蹲实、壮而不肥。健壮的幼苗需要适宜的水分、温度、养分和光照。但在黑土区，其最重要的环境因子則是土壤水分和温度；当土壤湿度保持在飽和持水量的 40—50% 时，苗壮根多。过干时虽可萌芽，但难于出土；过湿，幼苗纤弱，側根及根瘤減少。温度方面以 14—16℃ 最适宜，过低，易遭霜害或发芽率低；过高，根、莖并发，形成"两头忙"，苗也不会健壮。

这一时期，在黑土区：初春刚解冻，土壤中水分过多，約在飽和持水量的 50% 以上，而不久旱风盛行，又迅速变干。在温度方面的特点是初春严寒，旋即急剧变暖。針对这种情况，为了滿足大豆在幼苗期对水分和热量的要求，必須采取下列农业技术措施：（1）如遇旱年，需翻耕、耙地、播种、鎮压連續作业，以保住墒情，先播种后起壠。湿年則先起壠后播种；（2）适时播种：北部黑土区最适宜的播种期为 5 月上旬，南部可較此早 10—20 天。

大豆的分枝期是自第一个分枝芽形成至第一朵花出現。在此期間，大豆形成分枝和花芽，并継續扎根；累积养分以供下一时期的需要。植物体內矿质养分的累积速度超过前期 5 倍。这个时期是大豆蓄势待发的时期，养分分配中心为生长点和分枝芽。如养分丰沛，可同时滿足两个养分分配中心的需要，如养分亏缺，分枝芽首先受到抑制。此外，还需要充足的光照和疏松的土壤（总孔隙度宜在 64% 左右）。土壤中有一定氧气，便可促进根系的呼吸和生长。

在此时期，黑土中有效磷显著不足，只及最高含量的 1/5—1/10，土体紧实，杂草丛生，使株間郁閉。为此，应采取下列农业技术措施：（1）在播种前穴施或条施以磷素为主的基肥；（2）多鏟多趟，疏松土壤，間苗除草。

大豆的开花期是自第一朵花出現到頂花形成。这个时期是整个生育过程中最旺盛的时期。在只占大豆一生四分之一的时期內，累积的干物质达总重的 55—65%，超过其他时期的 1—20 倍。灰分或氮素的累积速度，其中特别是氮素，达到高峯，养分分配中心为生长点和花芽，这时营养生长和生殖生长高度交錯。如养分丰富，則两者都能得到充分供应而均衡发展，不然，营养生长和生殖生长之間的矛盾将尖銳起来，結果导至落花落莢。由于此时干物质的累积速度快和光合产物局部分配（各个叶片的光合产物只供給本叶腋的花莢）的特点，全植株自上至下各个叶层都要求充足的光照。而这时旺盛的蒸騰作用和較高的气温也使大豆要求充足的水分（当占土壤飽和持水量的 90%）。农諺有"大豆开花，壠沟摸虾"之說。

在大豆开花期，植株高大而封壠，株間光照常感不足；同时黑土中的速效氮、速效磷严重缺乏；至于土壤水分状况，由于有占全年 40% 的雨水在此期間降落，一般不会感到干旱。为保証大豆的增花增莢，須采取下列的农业技术措施：（1）在播种时，根据不同土壤肥力基础，选择正确的播种方式和密度，以吉林榆树地区为例，每公頃的适宜密度为：肥地 14—16 万株，中等地 17—19 万株，瘦地 20—22 万株，至于行距一般以 60 厘米为宜，保持叶面积系数不超过 4；(2) 开花以前或开花前期追施以氮肥为主的速效肥料；（3）如遇严重干旱，条件許可时可适当灌溉。

大豆的結莢-鼓粒期是自頂莢形成到子粒灌浆結束。此时营养生长已基本停止，生殖生长跃居首位，并进入旺盛阶段，体內营养物質开始再分配和再利用，豆莢成为养分聚集的中心。这时生长势虽已有所減退，但因为正是子粒充实的时期，因此需要充足的光照和矿質营养，如光照不足或养分缺乏，則往往莢少粒癟。

在此期間，大豆根系的活跃部位已轉入較深的土层，約 50—60% 的土壤养分由 30 厘米以下土层內取得，浅层养分难被吸收。前期殘留的杂草也长得高大，以致影响通风透光。因此，为保証粒多粒重，最終获得大豆丰产，必須进行下列农业技术措施：(1) 叶面噴磷肥；(2) 除播种时采用合理密度外，还需拔去田間的大草。

大豆的整个生育过程是极其复杂的，从种子萌动到最后成熟要經过一系列形态的以及生理和生化的变化。它对环境条件的要求也随着生育时期的变化而改变，有阶段性也有連續性。深入研究并掌握大豆的生育規律，使采用的措施得当，节約人力物力，又保証适当滿足大豆生育要求，是当前爭取大豆大面积均衡增产的方向。

根据对于各生育时期的特点的研究結果，結合当前生产条件，我們初步認为，在黑土地区爭取大豆大面积均衡增产的主要措施，第一是根据土壤肥力条件采用合理播种方式、适当密植，充分发揮現有作物品性和土地潛力的增产作用；第二是耕作管理，活化土壤肥分，調整水热状况，保証大豆不同生育时期对土壤条件的要求；第三，特别是增施有机-无机肥料，深施底肥，施足口肥，分期追施速效性肥料，更能保証大豆稳定丰产。

我国南方几种主要水稻土的磷肥施用問題

中国科学院土壤研究所肥料專題組*

“看土施肥”是我国农民在施肥上的重要經驗之一。为了根据土壤养分供应情况，恰当地掌握施肥的数量和品种，近几年来，我們对我国南方不同地区的几种主要水稻土的磷肥施用問題进行了一些研究。現将研究結果簡要报导于下；

* 本文由魯如坤执笔。参加工作的有蔣柏藩、时正元、顧益初、馬士文等同志。

一　不同水稻土养分供应的基本特点和磷肥的增产效果

了解不同水稻土在养分供应上的基本特点，是正确地掌握磷肥的施用数量和品种的首要环节。我們以发育于广东广州花崗岩上的紅壤性水稻土黃坭沙土、广东南海的冲积性水稻土泥肉田、江西进賢第四紀紅色粘土上发育的熟化較好的紅壤性水稻土黃坭田与熟化較低的紅壤性水稻土火格田、南京熟化較好的黃土性水稻土黑馬肝土与熟化較低的黃馬肝土等水稻土为材料，进行了这方面的試驗。

試驗結果表明，上述几种主要的水稻土在养分供应上的特点是显著不同的，一般說来，氮肥在所有土壤上都有增产效果，而磷肥的增产效果仅在紅壤区水稻土上才比較显著。据此，基本上可以把前述土壤分为以南京馬肝土为代表的中性土区水稻土和以广东黃坭沙土为代表的酸性土区水稻土两大类。在馬肝土上，每斤氮肥可以增产稻谷 8—12 斤，磷肥的效果不显；而在紅壤区水稻土上，氮肥的增产效果为 58—95%，磷肥的增产效果則为 5—140%。

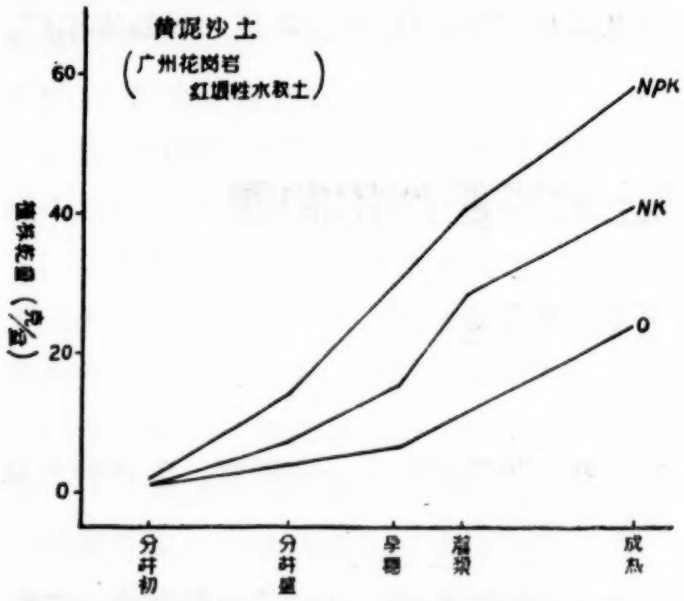


图 1　水稻不同施肥处理时的干物质積累

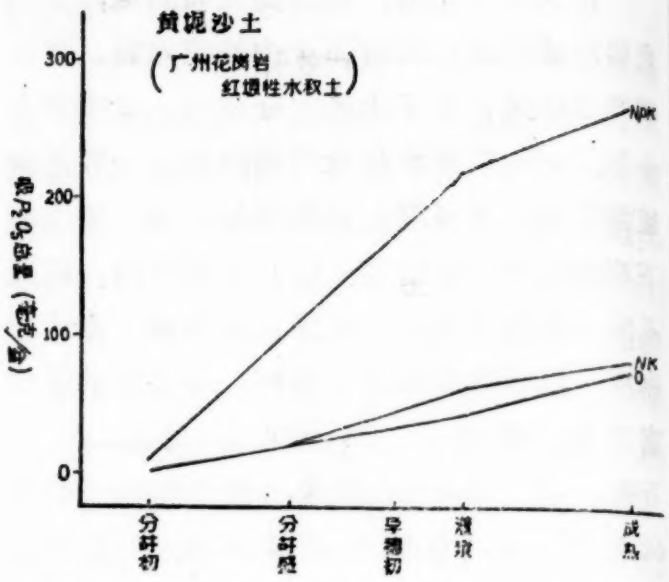


图 2　不同施肥处理时水稻的吸磷总量

图 1 和图 2 是黃坭土上水稻在不同施肥处理时干物质积累和吸磷量的情况。从这里可以看出，当单施氮肥时，水稻的总产量(籽实与茎稈）虽然增加了，但吸磷量并未相应增加。这种情况导致了两种后果：(1) 在单施氮肥时，由于氮磷供应不协調，氮素所增加的主要为茎稈部分。例如，有时可发現所增加的产量中有 80% 是茎稈；而在氮磷配合使用时，不但总产量进一步提高，而且增长量的 80% 为籽实，这显然是由于黃坭沙土极为缺磷所致。(2) 单施氮肥时，籽实品质大为降低，表現为籽实含磷量由 0.66% 降至 0.41%；而在配合施磷条件下，籽实含磷量可达 0.75%。

上述情况表明，对于馬肝土这种不太缺磷的土壤而言，在施肥上应着重調节氮素的供应；而对缺磷的紅壤性水稻土来講，則应同时調节氮和磷素。

我們的試驗还表明，不同的紅壤区水稻土在需磷程度上也是不同的，它們的順序如表 1 所示。

表 1　不同水稻土的需磷程度

土　壤	施磷的增产效果（以黄泥沙土的为 100%）	有效磷含量（毫克/5.5公斤土，同位素法測得）
黄坭沙土	100	249
泥肉田	69	570
火格田	65	651
黄坭田	5	1024
黄馬肝土	0	1397
黑馬肝土	0	2182

由于对磷素需要的程度不同，因而不同土壤的补磷情况也有区别。馬肝土在目前条件下磷肥补給的需要性很小。黄坭田、火格田在目前中等施肥水平时，随有机肥施入的磷素已可大部分滿足作物的需求，可以不必另施化学磷肥；如能另施少量化学磷肥，則在以沾秧根、秧田施肥等比較容易吸收的施肥方式下，有好的效果，而大田另施化学磷肥的效果，則依有机肥料的用量等多种不同因素的情况而有所差异。此外，試驗証明，将化学磷肥与有机肥料配合使用时，在泥肉田上，对早稻有明显的增产效果；而在黄坭沙土上，为了取得高产，則必須配合使用化学磷肥。

二　磷肥的合理施用及其与氮肥的配合

应用同位素的結果証明，在馬肝土上，水稻仍然能够吸收相当数量的肥料磷，但降低了对土壤中磷的吸收，結果作物吸收的磷素总量不变，因而磷肥的效果不显。这一情况一方面說明了馬肝土磷肥效果不显的原因，更重要的是說明了在馬肝土上施用磷肥，降低了土壤潛在肥力的发揮。因此，过去只考虑发揮肥料作用的合理施肥概念必須加以改变。那就是，合理施肥除去应該充分发揮肥料本身的效能之外，也必須同时能充分动員土壤本身的潛在肥力。这一概念，为在合理施肥上提出了两方面的任务：（1）充分动員土壤潛在肥力，（2）提高肥料利用率。

在通过施肥手段发揮土壤潛在肥力方面，我們用馬肝土进行了試驗，結果証明，在馬肝土上，通过施用氮肥可以有效地动員土壤中的潛在磷素（表 2）。这一結果証明了陈永康同志关于"以肥調肥"的概念是非常正确的；同时也說明在施用不同品种肥料时，它們之間并不是孤立的，而是存在着极其密切的关系。

表 2　氮肥施用对水稻吸收土壤磷的影响

处　理	产　量（克/盆）	水稻吸磷总量（毫克/盆）	水稻吸收土磷量（毫克/盆）	水稻吸收磷肥量（毫克/盆）
对照($P^{32}K$)	21.6	288.1	232.9	31.6
N_1($P^{32}K$)	25.6	358.1	284.6	49.8
N_2($P^{32}K$)	44.5	464.1	370.0	70.5

表 3　施肥对調动土壤潛在磷素的作用（黄坭沙土）

处　理	产　量（籽实）（克/盆）	水稻吸磷总量（毫克/盆）	吸收土中磷量（毫克/盆）	吸收肥中磷量（毫克/盆）
0	5.6	71.2	69.9	1.3
N(K)	9.0	81.8	79.6	2.2
NP(K)	20.6	267.7	131.2	136.5

在黄坭沙土上的試驗結果（表 3）則說明，并不是所有的土壤都可以通过施用氮肥来調动土壤中的磷素的。但是，在施氮的基础上施用磷肥却可以大大調动土壤中潛在的磷素。这一情况正和馬肝土相反。这显然是由于养分供应上的不同特点造成的。由此可知，根据不同土壤在养分供应上的特点，就可以有目的地用施肥来达到动員土壤潛在肥力的目的。

在提高肥料利用率方面，根据我們应用同位素的工作証明，在我国南方几种水稻土上，用通常方法施用磷肥，它的利用率一般只在10—20%之間。而利用我国农民經济用肥的經驗——塞秧斗法，則可使肥料利用率提高3—9倍(表4)。另一試驗的結果表明，应用塞斗法施磷时，应在水稻生长前期进行。

表4 不同施肥方法下水稻对放射性磷肥的吸收

	处理	每盆植物干重(克)	含磷总量(P_2O_5毫克)	吸收P^{32}量(P_2O_5毫克)	吸收土壤中磷量(P_2O_5毫克)	放射性肥料利用率(%)
			(返	青	期)	
盆	粉状磷肥混施	1.73	14.10	0.59	13.5	0.29
	粉状穴施(塞斗)	1.80	22.61	9.03	113.58	4.50
栽			(拔	节	期)	
	粉状混施	12.85	54.2	5.4	48.8	2.7
試	粉状穴施(塞斗)	14.80	148.1	43.8	108.3	21.9
			(黄	熟	期)	
驗	粉状混施	22.56	103.70	8.6	95.1	4.3
	粉状穴施(塞斗)	49.30	312.50	77.4	235.1	38.7
			(黄	熟	期)	
大田試驗	粉状混施	70.8	—	46	—	7.4
	粉状穴施(塞斗)	83.7	—	104	—	22.4

三 鈣鎂磷肥在酸性土壤上的增产效果

鈣鎂肥在解决我国磷肥来源方面，有着重要意义。因为这种磷肥适于土法生产，不必消耗硫酸，而且可以利用較低品位的矿源。为此，我們研究了在我国南方缺磷土壤上，鈣鎂磷肥代替过磷酸鈣的可能性的問題（表5)。

由表5可以看出，在酸性缺磷土壤上，鈣鎂磷肥的肥效大約相当于过磷酸鈣，因而在这些土壤上可以代替过磷酸鈣使用。同时在旱作上，鈣鎂磷肥也有明显效果。我們在宜兴紅沙土上进行的山芋試驗表明，每亩施用100斤鈣鎂磷肥时，可以增产18%；施用150斤/亩，增产24%；在和有机肥配合施用时，則增产达34%。

表5 鈣鎂磷肥对水稻的肥效

土壤	处理	植株干重(克/盆)	籽实干重(克/盆)	肥效(%)	吸磷总量(P_2O_5毫克/盆)
黄坭沙土	NK	32.2	8.98	100	81.8
	NKPc	37.4	20.6	229	268
	NKPn	32.0	20.9	233	245
火格田	NK	32.0	9.7	100	121
	NKPc	37.5	17.7	184	220
	NKPn	29.6	16.1	167	235
馬肝土	NK	62.4	22.5	100	457
	NKPc	56.5	21.4	95	453
	NKPn	51.2	18.2	81	416

Pc——过磷酸鈣　　Pn——鈣鎂磷肥

但是，我們发現在酸性土壤上和石灰共同施用时，虽然仍能表現出肥效，但却远远低于过磷酸鈣。这个問題需进一步研究。

在中性和石灰性的土壤上，鈣鎂磷肥如不够細碎时，其效果也往往低于过磷酸鈣。

作用
用率
，应

利

总量 毫 P_2O_5 克)
1.8
8
5
1
0
5
7
3
6

灰共
远远
。
肥如
钙。

科学通报 一九六一年五月號 五月二十六日出版

編輯者 科学通报編輯委員会
北京文津街三号
出版者 科学出版社
印刷者 中国科学院印刷厂

总發行处 北京市邮局
訂購处 全国各地邮电局
代訂零售处 全国各地新華書店
科学出版社各地門市部

本刊代号：报 2—177 印数：(京) 1—10,350 定价：道林本 0.42 报紙本 0.30 元